

En studie av bäckenrotation hos hästar med bakbenshälta



Lii Leo

*Uppsala
2019*

Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet

En studie av bäckenrotation hos hästar med bakbenshätta

A study of pelvic rotation in horses with hindlimb lameness

Lii Leo

Handledare: Elin Hernlund, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Biträdande handledare: Maria Terese Engell, Veterinærhøgskolen, Oslo

Examinator: Marie Rhodin, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examensarbete i veterinärmedicin

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurskod: EX0869

Kursansvarig institution: Institutionen för kliniska vetenskaper

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2019

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Omslagsillustration: Fotografi taget av Lii Leo

Nyckelord: Häst, bäckenrotation, bäckenrörelse, bakbenshätta, rörelseasymmetri.

Key words: Horse OR equine, pelvic rotation, pelvic movement, hindlimb lameness, movement asymmetry.

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

SAMMANFATTNING

Hälta på grund av skador i hästens rörelseapparat är ett av de vanligaste problemen hos dagens hästar. Samstämmigheten mellan veterinärer för vilket ben hästen faktiskt är halt på är trots detta låg, speciellt vid milda hältor eller då hästen är halt på ett bakben. Förändringar i vertikal rörelse av bäckenets mittpunkt (tubera sacrale) och höftbensknölar (tubera coxae) är väl vedertagna mått för visuell bedömning av bakbenshälta. Rörelsen kompliceras dock av att bäckenet tydligt roterar sett bakifrån (axial rotation). Detta examensarbete syftade till att öka förståelsen för hur bakbenshälta ser ut när hästen inspekteras bakifrån genom att undersöka och jämföra bäckenets axiella rotation hos hästar med enkelsidig bakbenshälta före och efter diagnostisk bedövning.

Totalt ingick 17 hästar i studien. De selekterades från en rörelsedatabas innehållande hästar som tidigare inkommit till Universitetsdjursjukhuset i Uppsala på grund av hälta. I samband med hältutredningen genomgick hästarna en rörelseanalys med höghastighetskamerasystemet Qualisys. Hästarna som inkluderades skulle vara halta på ett bakben, ha fått minst en bedövning under sitt besök som helt eller till stor del släckte den initiala hältan.

Positionsdata från tre punkter på bäckenet (respektive tuber coxae och mellan tubera sacralae) användes för att beräkna den totala axiella rotationen (rotationsvinkeln sedd bakifrån i relation till horisontalplanet), samt bäckenets lutning åt sidan just under respektive bens mittbelastningsfas.

Rotationsmönstret repeterades väl mellan stegcyklerna för samma häst, men skiljde sig mellan de olika hästarna. Det fanns i studien ingen signifikant skillnad på bäckenets totala rotation innan jämfört med efter bedövning (parat t-test $p=0,93$).

Däremot förändrades bäckenets sidolutning under bakbenens mittbelastningsfas när hästen blev ohalt till följd av diagnostisk anestesi (parat t-test för det friska bakbenet $p=0,03$ och för det halta bakbenet $p=0,02$). Ett fåtal av hästarna i studien rörde sig i trav med en bäckenlutning som var konstant åt ett håll, det vill säga bäckenlutningen ändrade inte riktning beroende på om höger eller vänster bakben belastades. Få hästar inkluderades i studien och de allra flesta var låggradigt halta vilket kan påverka resultatet.

Studien visar att bäckenlutningen under belastningsfasen förändras vid klinisk bakbenshälta, vilket inte tidigare finns beskrivet i litteraturen. Att träna upp ögat till att uppfatta skillnaden i bäckenlutning mellan det halta och ohalta benet kan möjligen ge en ökad sensitivitet och samstämmig hältbedömning hos veterinärer. I framtiden hade det även varit intressant att undersöka om man kan se samband mellan det man ser subjektivt och förändringar inte bara i bäckenets vertikala rörelse utan även förändringar i bäckenets rotation.

SUMMARY

Lameness due to orthopedic injury is the most common cause of disease in the horse. In spite of the high frequency of lameness veterinarians have often been shown to have difficulties agreeing on which limb is displaying low degree or hindlimb lameness.

Changes in vertical movement of the pelvic midline (tubera sacralae) and the hips (tubera coxae) are often used for visual evaluation of hindlimb lameness. Visual assessment of these movements are further complicated due to the axial rotation of the pelvic that is clearly seen from hind view.

This study aimed to increase the knowledge of how hindlimb lameness looks when the horse is viewed from behind. To do this, the axial rotation of the pelvis was explored in horses with unilateral hindlimb lameness. The axial rotation of the pelvis before and after diagnostic analgesia in these horses was compared.

In total 17 horses were included in the study. They were selected from a motion database of horses who had previously visited the University Animal Hospital in Uppsala because of lameness. During their visit they were measured with the Qualisys motion capture system. Horses were included that displayed a unilateral hindlimb lameness that almost or completely resolved with diagnostic analgesia.

Position data from three anatomical landmarks on the pelvis (right and left tuber coxae and between the tubera sacralae) were used to calculate the axial rotation (rotation angle viewed from behind compared to the horizontal plane). From this rotation, the total range of motion as well as the pelvic tilt during each hindlimb midstance was extracted.

The rotation pattern over consecutive strides within the same horse was similar, but differed between horses. There was no significant difference between the total range of motion of axial rotation before and after diagnostic analgesia in the study (paired-sampled T-test $p=0.93$).

However, the pelvic tilt during the midstance of the hindlimb differed when the lameness was blocked with diagnostic analgesia (paired-sampled T-test for the sound hindlimb $p=0.03$ and the lame hindlimb $p=0.02$). A few horses in the study had a pelvic tilt that did not change direction regardless of which hindlimb (left or right) was in its stance phase. Only 17 horses were included in the study, most of them mildly lame which can affect the result.

The study shows that pelvic tilt during each hindlimb's stance phase changes with lameness in the horse. This has not previously been described in the literature. This knowledge can be helpful when training the human eye to recognize lameness. The difference in pelvic tilt between the lame and sound hindlimb stance can possibly contribute to a more sensitive and correct lameness assessment among veterinarians. In the future it would be interesting to investigate the correlation between changes that are visually perceived and changes in pelvic rotation.

INNEHÅLL

INLEDNING	1
LITTERATURÖVERSIKT	2
Den friska hästens rörelsemönster	2
Förändringar i hästens rörelsemönster vid hälla	4
Olika typer av hälla	6
Kompensatoriska hällmekanismer	7
Gradering av hälla	8
Subjektiv och objektiv hällbedömning	8
MATERIAL OCH METOD	10
Studieupplägg	10
Rörelsemätningar	10
Urval av hästar till studien	13
Journaldata	13
Rörelsevariabler	14
RESULTAT	16
DISKUSSION	27
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	29
TACK	31
REFERENSER	32

INLEDNING

Hälta på grund av skador i hästens rörelseapparat är den vanligaste sjukdomskategorin hos våra hästar (Penell *et al.*, 2005) och utgör den dominerande orsaken till avlivning (Egenvall *et al.*, 2006). Därför är framgångsrik diagnostik och behandling av hälta viktigt för hästars välfärd. Hälta kan definieras på olika sätt, Davidson (2018) definierar hälta som ”onormal belastning eller rörelsemönster till följd av strukturell eller funktionell avvikelse i hästens rörelseapparat”. Hälta i sig är inte en sjukdom utan ett tecken på exempelvis inflammation, smärta, mekanisk dysfunktion eller neuromuskulär sjukdom (Davidson, 2018; Ross & Dyson, 2003).

För framgångsrik behandling krävs korrekt identifiering av det halta benet (Davidson, 2018), i flera studier har man sett att samstämmigheten veterinärer emellan gällande vilket ben hästen är halt på är förhållandevis låg, speciellt för bakbenshältor (Hammarberg *et al.*, 2016; Keegan *et al.*, 2010). En förutsättning för att kunna se när hästen blir halt är att man vet hur hästen rör sig normalt och hur hästens rörelsemönster förändras vid hälta.

Vid frambenshälta beskrivs, i klassiska veterinära textböcker, att man kan se en huvudnickning (Ross & Dyson, 2003), där hästens huvud sjunker ner lägre då det ohalta frambenet belastas jämfört med när det halta benet belastas. Vid bakbenshälta, jämför en del veterinärer den vertikala (uppgåt- och nedåtgående rörelsen) hos tubera sacrale (Ross & Dyson, 2003) och en del tittar på tubera coxae vertikala rörelser (Stashak, 2002). Men bäckenet gör också tydliga rotationsrörelser som möjligen är en bidragande orsak till att visuell bedömning av bakbenshälta blir mer komplex. Förändringar specifikt av bäckenets rotation finns inte med i dagens textboksbeskrivningar av rörelsemönstret vid bakbenshälta.

Detta examensarbete syftar till att undersöka bäckenets axiala rotationsrörelse hos hästar med bakbenshälta. Axial rotation av bäckenet syns tydligast då hästens inspekteras bakifrån vilket veterinärer gör vid bedömning av hälta på rakt spår. Hypotesen var att den axiala rotationen förändras vid hälta både vad gäller hur rotationen typiskt ser ut över en stegcykel, hur stor den totala rotationen är, samt hur den ser ut vid givna punkter i stegcykeln. Om den axiala rotationen påverkas av hälta är detta viktigt att känna till för att vi ska kunna förbättra bedömningen av hälta.

LITTERATURÖVERSIKT

Den friska hästens rörelsemönster

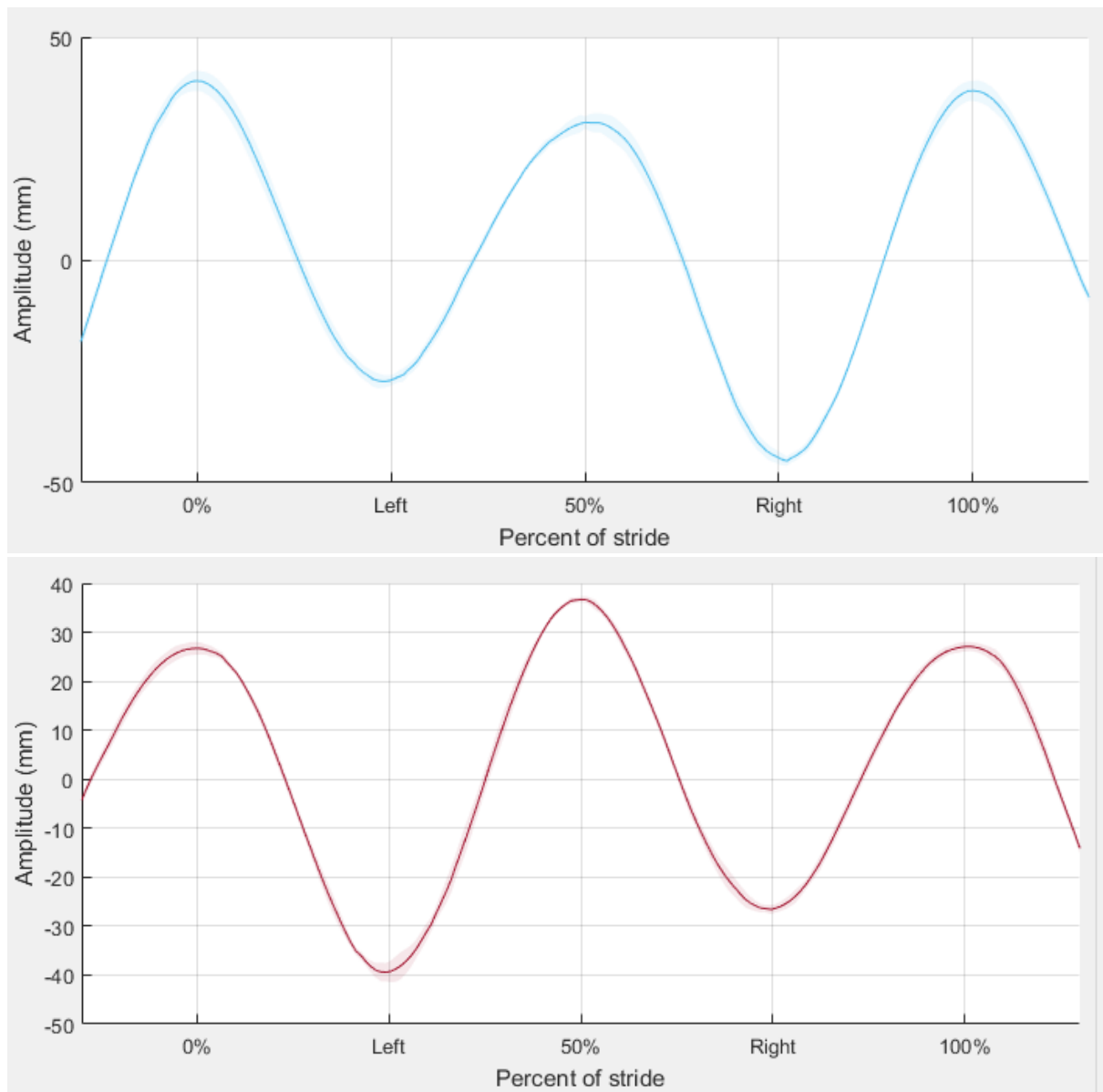
Av hästens tre vanligaste gångarter skritt, trav och galopp är det framför allt trav som används för att utvärdera om hästen är halt. Trav är en tvåtaktig, rytmisk och stadig gångart (Stashak, 2002) som anses vara symmetrisk, där de båda halvorna av stegcykeln ser likadana ut (Ross & Dyson, 2003).

I trav sker en diagonal benförflyttning med en mellanliggande svävningsfas. Höger framben förflyttas tillsammans med vänster bakben, vänster framben förflyttas tillsammans höger bakben. Hästens huvud, liksom bäcken, rör sig upp och ner två gånger per stegcykel i ett sinusliknande mönster när hästen travar (Buchner *et al.*, 1996). Hos en häst som rör sig symmetriskt är max- och minposition (den högsta och den lägsta positionen) för huvud och bäcken överensstämmande för de båda halvorna av steget då varje diagonalt benpar belastas och skjuter ifrån (Buchner *et al.*, 1996; Kramer *et al.*, 2004). Huvudet och bäckenets högsta position nås i slutet av eller strax efter höger eller vänster bens belastningsfas, lägsta positionen uppnås ungefär mitt under respektive bens belastningsfas (Buchner *et al.*, 1996).

Bäckenets högsta punkt, precis mellan tubera sacrale (Keegan, 2005) används ofta för att utvärdera eventuell bakbenshåla. Bäckenets lägsta positioner uppnås när vardera bakben är under maximal belastning (Keegan, 2005), det vill säga mitt under belastningsfasen (Stashak, 2002). Bäckenets högsta position uppnås precis innan det kontralaterala bakbenet tar mark (Keegan, 2005).

För att utvärdera bäckenets rörelse kan man även titta på tubera coxae (Keegan, 2005). Rörelsen av tubera sacrale är väldigt symmetrisk hos en ohalt häst i trav. Tubera coxae rörelse påverkas mer av bäckenets rotation när hästen är i rörelse (Kramer *et al.*, 2004). Tubera coxae rör sig till skillnad från tubera sacrale inte i en symmetrisk sinuskurva, rotationsrörelsen av bäckenet bidrar till att tubera coxae har ett mindre rörelseomfång i vertikal riktning vid belastning av samma sidas ben och större rörelseomfång i vertikal riktning när det kontralaterala bakbenet belastas. Bäckenet roterar oftast ifrån den sida vars ben är viktbärande (Kramer *et al.*, 2004).

Under varje stegcykel kommer vardera tuber coxae att nå två högsta och två lägsta positioner (Keegan, 2005). Vardera tuber coxae når sin första lägsta position mitt under belastningsfas för samma sidas ben, dess första högsta position nås strax efter belastningsfas av samma sidas ben. Tuber coxae kommer sedan att nå ytterligare en lägsta och högsta position mitt under det kontralaterala benets belastningsfas respektive strax efter dess belastningsfas (Keegan, 2005). Tuber coxae når sin absolut lägsta och högsta position då det kontralaterala bakbenet är mitt i belastningsfas respektive strax därefter (Keegan, 2002). I figur 1 ses en illustration över tubera coxae rörelser hos en frisk häst, graferna är från en av hästarnas Qualisys analys.



Figur 1. Schematisk bild över tubera coxae vertikala rörelser hos en symmetrisk, ohalt häst. Överst ses vänster tuber coxae under en stegcykel i trav. Första halvan av grafen är när vänster bakken belastas och avlastas, andra delen av grafen visar vänster tuber coxae rörelse när höger bakken belastas och avlastas. Tuber coxae når en lägsta och en högsta position under respektive bakkens steg. Tuber coxae absolut lägsta och högsta uppnås under kontralaterala bakkenets belastningsfas respektive strax därefter. Underst ses motsvarande graf över höger tuber coxae rörelse i trav under en stegcykel, första halvan visar rörelsen under vänster bakkens belastningsfas. Tuber coxae rör sig spegelvänt symmetriskt hos häst i trav men inte i den sinusliknande kurva som ses för hästens huvud och tubera sacralae. Bild från en av hästarnas *Qualisys analys*.

Hästens rörelsemönster kan påverkas av många olika faktorer. Exempelvis induceras större asymmetrier av huvudet och bäckenets vertikala rörelser när hästen longeras och går på volt, även kallad voltasymmetri (Rhodin *et al.*, 2016) vilket inte i sig behöver betyda att hästen är halt. Ryttaren kan i sin tur också påverka hur hästen rör sig, exempelvis genom att rida lätt (Persson-Sjodin *et al.*, 2018; Roepstorff *et al.*, 2009). Både longering och ridprov är vanliga inslag vid hältutredning av häst och ibland kan en mild hälta endast ses tydligt vid ridning (Dyson & Greve, 2016).

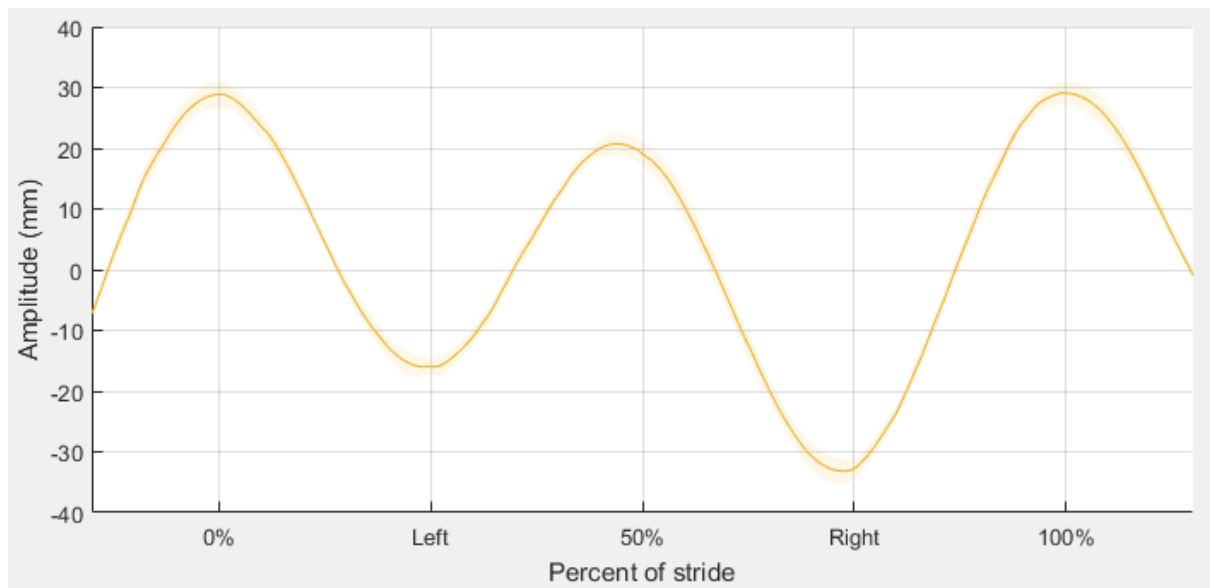
Förändringar i hästens rörelsemönster vid hälta

När hästen blir halt kommer den att försöka avlasta benet som gör ont, dels genom att belasta benet mindre men även genom att försöka röra sig på ett annat sätt, exempelvis försöka förflytta vikten framåt eller bakåt beroende på vilket ben som hästen är halt på. Huvudet och bäckenets rörelser (Ross & Dyson, 2003) men även steglängd och kompressionen av både det halta och det friska benet kan ändras. Ibland kan man exempelvis se en ökat genomtramp i kotleden på det friska benet till följd av ökad belastning i förhållande till det kontralaterala, halta benet (Ross & Dyson, 2003). Ibland leder den ändrade belastningen även till att man kan höra skillnad på när den friska respektive den halta diagonalen i trav (Ross & Dyson, 2003), när mer belastning läggs på den friska diagonalen låter isättningen av denna högre än av diagonalen där det halta benet ingår.

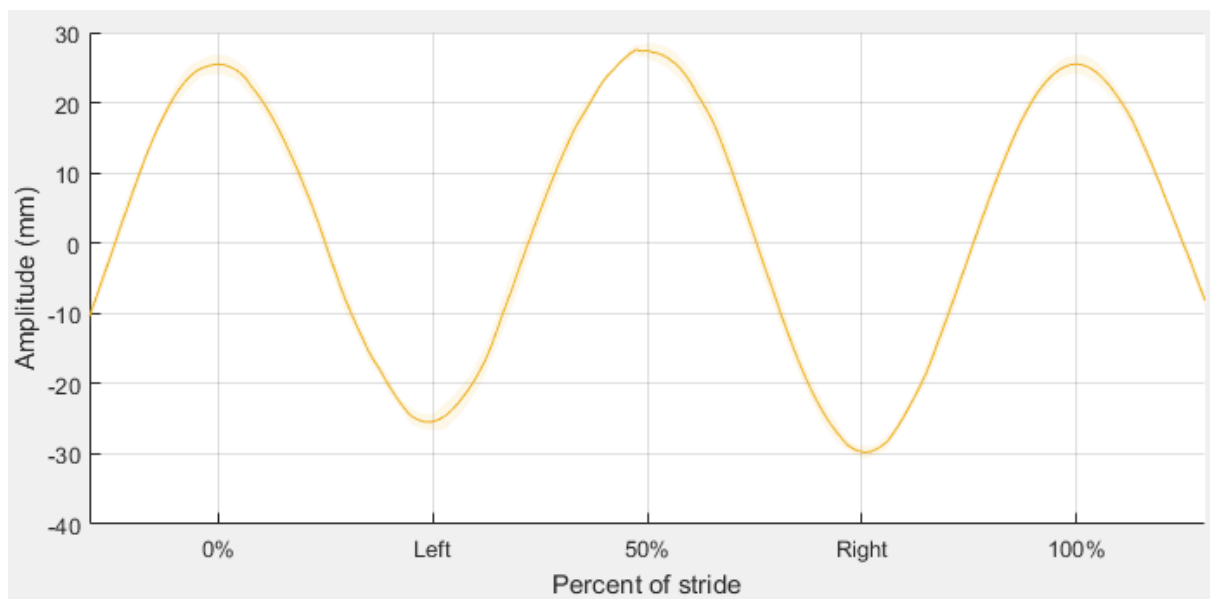
Vid hälta på ett framben ses avlastningen av det halta benet oftast tydligast genom att hästen ”nickar” med huvudet. I litteraturen används olika sätt att beskriva hur hästen rör sig för att avlasta frambenet. Davidson (2018) beskriver det som att hästen höjer huvudet vid belastning av det halta benet medan Ross & Dyson (2003) beskriver det som att hästen inte sjunker ner lika mycket på det halta frambenet. Följden blir att huvudet inte når lika låg minimiposition vid belastning av det halta benet jämfört med motsvarande position när det friska benet belastas.

Även vid bakbenshälta kommer hästen att försöka förflytta sin vikt från det onda benet och minska dess belastning vilket bland annat ses som att hästens bäcken sjunker ner mindre när det halta benet belastas (Ross & Dyson, 2003). Tubera sacralae rörelser vid hälta är liknande huvudets (se figur 3). För att försöka avlasta benet kommer bäckenet sjunka ner mindre under belastningsfasen av det halta benet, tubera sacralae kommer därför att nå en lägre minimiposition under belastningsfasen av det friska bakbenet (Ross & Dyson, 2003). Davidson (2018) beskriver istället att bäckenet i förhållande till resten av hästens kropp rör sig uppåt under det halta benets belastningsfas liknande beskrivningen av det förändrade rörelsemönstret för huvudet. Olika författare beskriver och tolkar hästens rörelser på olika sätt vilket gör att litteraturen inte alltid är samstämmig och att det kan därför vara svårt att förstå deras beskrivning av den halta hästens rörelser. Vid hältor som leder till att man har ett sämre påskjut kan man istället se att bäckenet inte kommer tryckas uppåt lika mycket efter det halta benets belastningsfas jämfört med det friska benet (Bell *et al.*, 2016).

Ibland ses ovanstående förändringar i rörelsemönstret enskilt, det vill säga antingen sjunker hästen inte ner lika mycket under belastningsfasen av sitt halta ben eller så kommer bäckenet inte upp lika högt efter belastningsfas av det halta benet. Ibland förekommer förändringarna i kombination med varandra (Keegan, 2005). I figur 2 och 3 illustreras bäckenets rörelser mellan tubera sacralae hos en halt respektive när hästens hälta bedövs med diagnostisk anestesi.

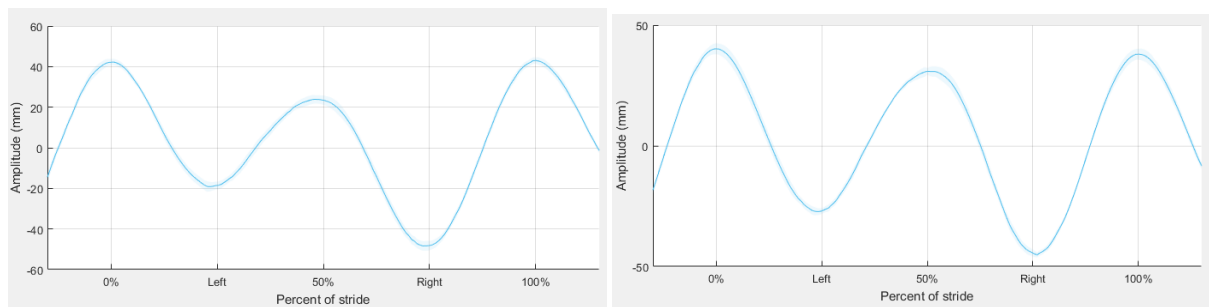


Figur 2. Schematisk bild från Qualisys på tubera sacralae vertikala rörelse hos en häst som är halt på vänster bakben. Bäckenet sjunker inte lika lågt i vertikal riktning när vänster bakben belastas (left) jämfört när höger bakben belastas (right). Bäckenet når inte heller lika hög maxposition efter belastning av vänster bak jämfört med höger.

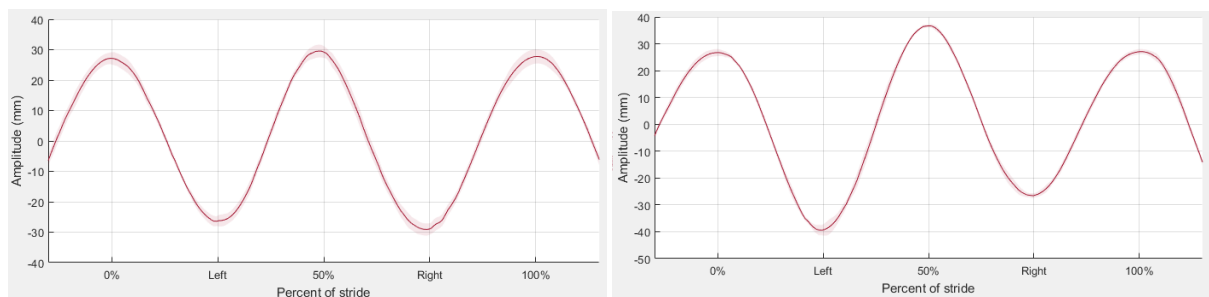


Figur 3. Samma häst som i figur 2 men efter bedövning av vänster bak. Min- och maxpositionerna är nu mer symmetriska mellan höger och vänster bakben.

Asymmetrin som normalt ses av tubera coxae ökar vid hälta (Keegan, 2005; Starke *et al.* 2015). Tuber coxae på den halta sidans ben kommer att få ett minskat rörelseomfång under sitt bens belastningsfas och strax därefter, medan rörelseomfånget av tuber coxae under det friska kontralaterala benets belastningsfas och strax därefter kommer att öka (Keegan, 2005). Enligt Starke *et al.* (2015) bör utvärdering av både tubera sacralae och tubera coxae rörelser användas vid hältutredning för att upptäcka så många hältor som möjligt. I figur 4 och 5 illustreras förändringarna i tubera coxae rörelser när hästen blir halt på ett bakben.



Figur 4. Schematisk bild över tuber vänster tuber coxae vertikala rörelse hos samma häst som i figur 3. Hästen är halt på vänster bakben, till vänster ses vänster tuber coxae rörelser innan bedövning och till höger ses vänster tuber coxae rörelser efter bedövning. Jämför man bilderna kan man se att tuber coxae rörelseomfång i vertikal riktning ökar efter diagnostisk anestesi av det halta bakbenet, det vill säga samma sidas bakben när detta är i belastningsfas samt strax därefter.



Figur 5. Schematisk bild över höger tuber coxae vertikala rörelse hos samma häst som i figur 3 och 4. Till vänster ses höger tuber coxae rörelser innan bedövning hos en häst som är halt på vänster bakben och till höger ses höger tuber coxae rörelser efter bedövning. Efter diagnostisk anestesi ses det typiska mönstret för tuber coxae vertikala rörelser hos en symmetrisk häst det vill säga större rörelseomfång av tuber coxae i vertikal riktning då det kontralaterala bakbenet belastas och avlastas.

I litteraturen definierar en del författare "hip hike" som den uppåtgående rörelsen av det halta benets tuber coxae precis efter det kontralaterala benets belastningsfas (Keegan, 2005) då tuber coxae kommer uppnå sin högsta position. Det halta benets tuber coxae kommer under denna period att ha som störst förändring i sin position. Davidson (2018) definierar "hip hike" som hela bäckenets uppåtgående rörelse under det halta benets belastningsfas. Motsvarande definieras "pelvic drop" av Davidson (2018) som hela bäckenets nedåtgående rörelse under belastningsfasen av det kontralaterala bakbenet, det vill säga då det halta benet är obelastat.

Olika typer av hälta

Hälta delas ofta in i belastnings- och rörelsehälta. Belastningshälta som ses under den vikt bärande fasen av hästens steg och rörelsehälta som framför allt påverkar hur benet förflyttas (Davidson, 2018; Stashak, 2002). Det allra vanligaste är dock att man har en blandad hälta som påverkar både belastningen och rörelsen av det halta benet (Buchner *et al.*, 1995; Davidson, 2018; Ross & Dyson, 2003).

En primär hälta är den hälta som hästen uppvisar innan man börjar manipulera med exempelvis böjprov (Ross & Dyson, 2003), det vill säga den hältan som hästen oftast kommer in till veterinären för. Sekundära hältor kan uppkomma i ett ben som överbelastats under längre tid, exempelvis till följd av att ett ben med primär hälta avlastats (Ross & Dyson, 2003). Även den sekundära hältan kan liksom den primära behöva behandlas.

En primär eller sekundär hälta skall inte förväxlas med en kompensatorisk hälta. En kompensatorisk hälta är en rörelseasymmetri av huvudet eller bäckenet som uppkommer till följd av att hästen ändrar sitt rörelsemönster för att avlasta ett bak- eller framben. Hältan kan leda till att när hästen försöker avlasta sitt halta ben även ser halt ut på ett annat ben som egentligen är friskt. Detta gör att det finns en risk att man utreder en frambenshälta när hästen egentligen har ont i ett bakben och vice versa. Till skillnad från sekundära hältor kommer en kompensatorisk hälta att försvinna när den primära hältan bedövas bort eller behandlas (Ross & Dyson, 2003; Stashak, 2002; Uhlir *et al.*, 1997).

Det är väldigt viktigt att skilja olika typer av hältor åt så att rätt ben behandlas, och för att undvika behandling av ett ben som egentligen är friskt (Uhlir *et al.*, 1997). Även om risken för komplikation till följd av exempelvis ledinjektion är låg är den långt ifrån försumbar och kan få förödande konsekvenser (Caron, 2005). Ledinjektioner är i bland nödvändigt men genom att säkrare diagnosticera var man har sin primära hälta minskar risken för onödiga injektioner. En häst som är halt på mer än ett ben kan naturligtvis vara primärt halt på flera ben men kan även vara kompensatorisk halt (Ross & Dyson, 2003).

Kompensatoriska hältmekanismer

Förutom att direkt avlasta ett halt ben kan hästen även försöka förskjuta sin vikt framåt eller bakåt beroende på var den primära hältan finns. Detta kan i sin tur ge upphov till ovan nämnda kompensatoriska hältor. Det allra vanligaste är att man ser en kompensatorisk frambenshälta till en primär bakbenshälta (Rhodin *et al.*, 2018). Även de kompensatoriska hältmekanismerna kan vara en bidragande faktor till varför bakbenshältor kan vara så svåra att diagnosticera.

Vid en primär bakbenshälta kan hästen försöka förflytta vikten av kroppen framåt. Detta kan ibland ses genom att hästen sänker huvudet mer när diagonalen med det halta bakbenet belastas (Rhodin *et al.*, 2018). En häst med en primär höger bakbenshälta kan då sjunka ner mer med huvudet när vänster framben belastas vilket i sin tur gör att hästen kan se höger frambenshalt ut (Davidson, 2018) till följd av att huvudet inte når lika låg minimiposition när höger framben belastas. Den kompensatoriska hältan som uppstår på höger framben försvinner när den primära bakbenshältan bedövas bort eller behandlas (Ross & Dyson, 2003).

Även primär frambenshälta kan ge upphov till kompensatorisk bakbenshälta även om detta är mindre vanligt (Keegan, 2005). Kompensatorisk bakbenshälta ses ofta på det kontralaterala bakbenet (Uhlir *et al.*, 1997), det vill säga en primär frambenshälta på höger fram ger en kompensatorisk bakbenshälta på vänster bak (Keegan, 2007). Dock blir den kompensatoriska bakbenshältan ofta mycket mindre än den primära frambenshältan, den kompensatoriska bakbenshältan kan dessutom ibland vara ipsilateral och inte kontralateral.

Den kompensatoriska bakbenhältn uppkommer till följd av att bäckenet inte når lika låg minimiposition när bakbenet kontralateralt till det primärt halta frambenet belastas (Keegan, 2005). Hos hästar med primära frambenshältor ses ibland dock att bäckenet inte uppnår lika hög maximiposition efter belastningsfasen från det ipsilaterala bakbenet, jämfört med det kontralaterala vilket i sin tur ger upphov till en kompensatorisk ipsilateral bakbenshälta (Keegan, 2005).

Hos hästar som uppvisar ipsilateral fram- och bakbenshälta bör bakbenet utvärderas först om inte frambenshältn är mycket större än bakbenshältn (Ross & Dyson, 2003) då det är mer sannolikt att en primär bakbenshälta är orsaken till den ipsilaterala frambenshältn. Hästar som uppvisar hälta på flera ben kan naturligtvis även vara primärt halt på flera ben (Keegan, 2007).

Kompensatoriska hältor kan vara en orsak till varför subjektiv hältbedömning är så svår och varför samstämmigheten veterinärer emellan för vilket ben hästen faktiskt är halt på är låg. Speciellt då den kompensatoriska frambenshältn till och med kan vara större än den primära bakbenshältn (Hammarberg *et al.*, 2016). Därför bör man ha de kompensatoriska hältmekanismerna i åtanke när man har en häst som är halt på flera ben, om man inte lyckas lokalisera primär hältn kommer inte heller behandlingsresultatet att bli det man önskar (Uhlir *et al.*, 1997).

Gradering av hälta

Det finns flera olika skalor för att graderar hälta, bland annat skalan från *American Association of Equine Practitioners* (AAEP) där hälta graderas från noll till fem. Grad noll innebär att hälta inte kan ses under några som helst omständigheter, grad ett innebär att hältn är svår att se samt kan komma och gå. Grad två innebär att hältn kan ses vid vissa omständigheter exempelvis på hårt underlag men hältn är svår att se i skritt och trav rakt ut, grad tre är en hälta som konstant ses i trav. Grad fyra innebär att hältn även ses i skritt och hälta grad fem innebär att hästen inte vill ta vikt på benet under rörelse eller leder till att hästen inte vill röra sig (American Association of Equine Practitioners, 2018). Gemensamt för många av hältskalorna är att det inte finns beskrivet vad man skall titta på när hältn utvärderas, om hälta utvärderas på olika sätt kan hältans gradering variera mellan veterinärer trots att man använder samma hältskala.

Subjektiv och objektiv hältbedömning

Subjektiv bedömning av hälta har varit och är fortfarande det vanligaste sättet att utvärdera hälta hos häst även om system för att objektivt utvärdera hästens rörelser blir vanligare och lättare att använda även i den kliniska verksamheten. Som tidigare nämnts är samstämmigheten mellan veterinärer gällande vilket ben hästen är halt på lägre än förväntat speciellt för milda hältor och bakbenshältor (Hammarberg *et al.*, 2016; Keegan *et al.*, 2010).

I studien av McCracken *et al.* (2012) inducerades hälta hos hästar med hjälp av tryck mot sulan av olika grad, hästarna utvärderades både av ett objektivt rörelsesystem och av veterinärer. Det objektiva rörelsesystemet registrerade hälta tidigare, det vill säga vid en lägre grad av hälta än veterinärerna oavsett om hältn var inducerad i ett fram- eller bakben. Vilket tyder på att de objektiva rörelsesystemen är väldigt känsliga även för mycket små förändringar i hästens rörelsemönster.

I studien av Starke *et al.* (2013) uppmätte det objektiva rörelsesystemet samma grad av hälta på rakt spår oavsett vilken hastighet hästarna travade i, veterinärerna antog i större utsträckning att hästarna var mindre halta i högre tempo. Vid longering ökade dock asymmetrin som registrerades med rörelsesystemet med högre tempo, däremot påverkade inte tempot veterinärernas bedömning vid longering.

De objektiva rörelsesystemen fokuserar precis som vid subjektiv bedömning av hälta på hästens huvud, manke och bäckenrörelser. Två vanligt förekommande system är Qualisys och Lameness locator där reflexmarkörer respektive sensorer fästes just på huvudet, manken och bäckenet. Med hjälp av dessa kan sedan positionsdata beräknas och man kan se om det finns skillnad i position när höger respektive vänster sidas ben belastas och avlastas. Hos en frisk, symmetrisk häst tar höger och vänster sidas fram- och bakben lika mycket vikt och skjuter ifrån lika mycket vilket gör att huvudet, manken och bäckenet bör ha överensstämmande minimi- och maximipositioner.

En annan fördel med objektiva system är att hästens grad av hälta kan jämföras över tid, i studien av Fuller *et al.* (2006) såg man att graderingen av hälta är konsekvent hos enskilda veterinärer över tid men mindre bra mellan veterinärer för samma häst. Dock ansågs användningen av en gemensam hältskala fungera ganska bra även mellan veterinärer som bedömde samma häst.

Det finns även nackdelar med de objektiva rörelsesystemen, dels kostar det mer och det är inte säkert att alla hältor kan upptäckas. Exempelvis bilateral hälta där båda benen avlastas lika mycket kan hästen på rakt spår se symmetrisk ut trots hälta. Systemen upptäcker även väldigt små asymmetrier där det kan vara svårt att avgöra om hästen är kliniskt halt eller rör sig naturligt asymmetriskt.

Många olika faktorer påverkar hästens rörelsemönster, hälta i sig är komplext då den kan utrycka sig på olika sätt i olika grad. Att veterinärer utvärderar hälta på olika sätt, tittar på olika anatomiska punkter på hästen vid hältbedömning samt att bäckenets rörelser, framför allt rotation inte finns beskrivet och undersökt i detalj kan bidra till att det är svårt att utvärdera bakbenshalta hästar. Genom att bättre förstå hur hästens bäcken rör sig och roterar samt hur denna rörelse förändras när hästen blir halt kan hältbedömning och samstämmighet om vilket ben hästen är halt på öka mellan veterinärer. Eftersom hälta är en av hästens allra vanligaste sjukdomar kan bättre hältbedömning bidra till förbättrad diagnostik och fler hästar skulle då kunna behandlas mer effektivt och framgångsrikt.

MATERIAL OCH METOD

Studieupplägg

Vid Universitetsdjursjukhuset i Uppsala utförs objektiva rörelsemätningar av många hästar som kommer in till kliniken på grund av hälta. Dessa rörelsedata samt journaldata från hästarna användes för att studera bäckenets rörelser hos hästar med primär bakhenshätta på ett bakben. Data samlades in mest retrospektivt men vissa hästars data registrerades under studieperioden. Rörelsedata från mätningarna användes för att beräkna bäckenets axiala rotation hos hästarna före och efter att hättan bedömts försvinna eller förbättrats tydligt med hjälp av en diagnostisk anestesi.

Rörelsemätningar

Hästarnas rörelse utvärderades med det objektiva rörelsesystemet Qualisys (se bilder på hältgången och kamerasytemet i figur 6). Systemet består av 13 höghastighetskameror som kan positionsbestämma kroppsmonterade markörer i en mätvolym genom att de kommunicerar via en dator. Kamerorna är monterade i takvinkeln längs hältgången på kliniken där hästarna undersöks vid hältutredning. Vid mätningarna utrustades hästarna med sfäriska reflexmarkörer som fästes vid huden över specifika anatomiska platser med hjälp av dubbelhäftande tejp.

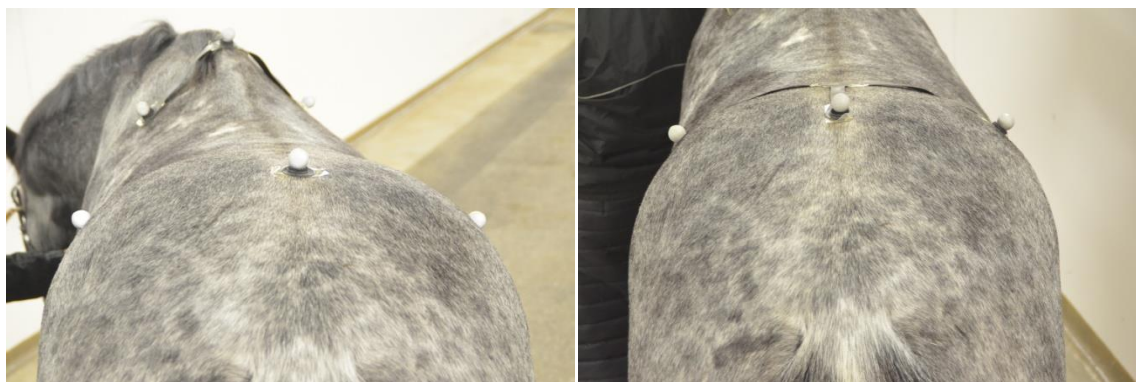


Figur 6. Bilderna visar Qualisys objektiva rörelsesystem monterat i en av hältgångarna på Universitetsdjursjukhuset i Uppsala.

Tre reflexmarkörer fästes på huvudets dorsalsida, en markör fästes på huvudets högsta punkt mellan öronen, vanligtvis på hästens grimma. Tre markörer fästa på en gummiremsa placerades på rad, med den mittersta på manken i medialplanet och de två övriga fästes rakt ner på vardera sida om manken. Ytterligare tre markörer placerades över benutskott från bäckenet, en mellan tubera sacralae och en på vardera tuber coxae. På hästarna mätta under perioden 31-08-15 till 01-08-18 används ett "fast kluster" av tre markörer på bäckenet som var placerade på en T-formad gummiremsa där den mittersta placeras just mellan tubera sacralae. Beroende på storlek av dessa hästar kan tuber coxae-markörerna ha hamnat något vid sidan av tubera coxae. Bilderna i figur 7 visar hästen utrustad med de sfäriska reflexmarkörerna.

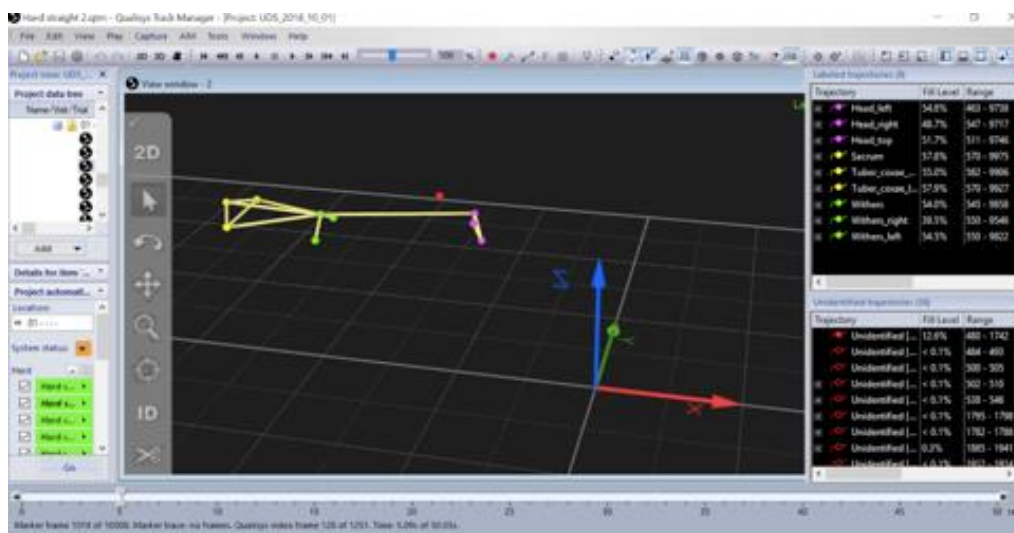


Figur 7. De två övre bilderna visar reflexmarkörerna placerade på hästens huvud, manke och bäcken. De två nedre bilderna visar till vänster de lösa markörerna placerade över tubera sacralae och tubera coxae och till höger ses det "fasta klustret" med bäcken-markörer. Båda bilderna fotograferat snett uppifrån och bakifrån.

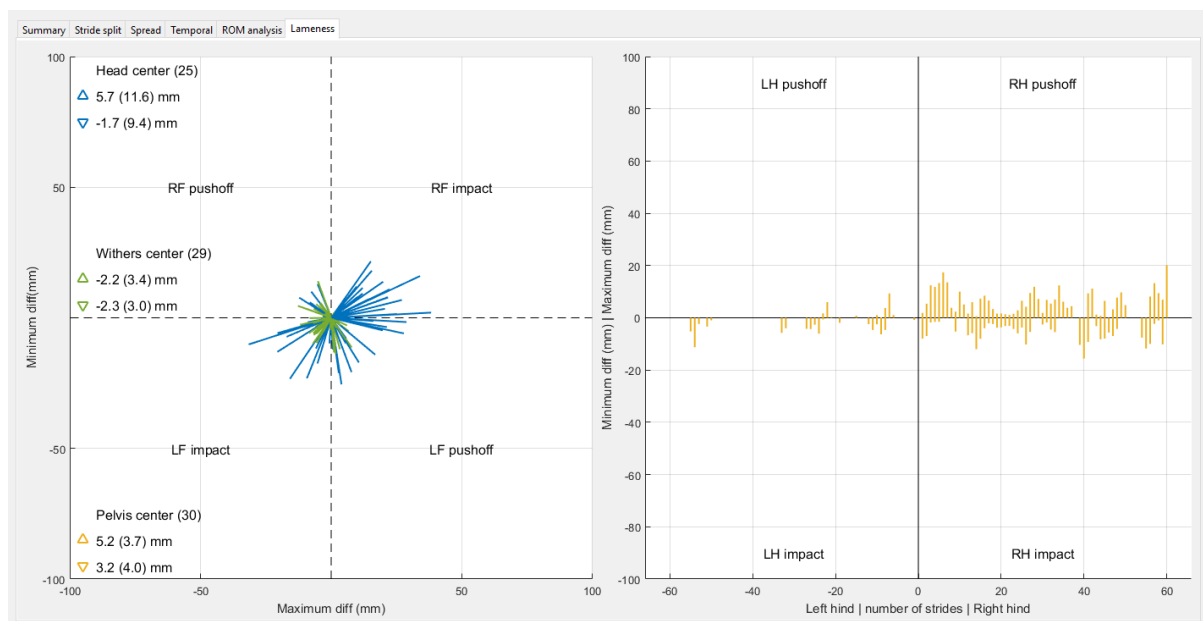


Qualisys-systemet gör en automatisk identifiering av markörerna i mätvolymen och ger dem ett specifikt namn i systemets mjukvara QTM (se figur 8). Dess positionsdata skickas sedan vidare till ett specialskrivet program (QHorse) där symmetrin i den vertikala rörelsen av huvud manke och bäcken beräknas och visas för veterinären i grafer (se figur 9).

I graferna (se figur 9) åskådliggörs om det finns en skillnad i huvudets, mankens eller bäckenets position när vänster respektive höger ben belastas och avlastas när hästen travar. En halt häst kommer att sjunka ner mer på sitt friska ben och mindre på sitt halta ben, denna skillnad beräknas även i QHorse. ”Mindiff” är den skillnad mellan hur mycket hästen sjunker ner under belastning på sitt vänstra ben i förhållande till sitt högra, detta beräknas både för fram- och bakben. Om Mindiffen är positiv innebär det att man har en asymmetri och eventuell hälta på sitt högra ben, om den är negativ finns asymmetrin eller hälтан på vänster ben. ”Maxdiff” blir motsvarande skillnad i huvudet, manken eller bäckenets högsta position mellan vänster och höger fram- respektive bakben.



Figur 8. Bild från Qualisys som illustrerar "hästen" utrustad med sfäriska markörer på huvudet, manken och bäckenet som rör sig i mätvolymen kamerorna ger upphov till. Det är med hjälp av dessa data som markörernas position och på så sätt även min- och maxdiff kan beräknas (mindiff innebär skillnaden i huvudet, manken eller bäckenets lägsta position och maxdiff innebär skillnaden i högsta position när vänster och höger fram- respektive bakben jämförs). De lila markörerna är de sfäriska markörerna som är placerade på hästens huvud, de gröna är markörerna fästa över manken och de gula är de som är fästa på hästens bäcken.



Figur 9. Grafen från en av hästarnas *Qualisys* mätning där positionsdata processats i *QHorse*. Till vänster ses skillnader i position av huvudet mellan höger och vänster framben, varje blått streck motsvarar skillnaden i position under ett steg. De gröna strecken representerar manken. Till höger i bilden ses skillnaden i position av bäckenet mellan höger och vänster sidas ben även här motsvarar varje ben ett streck. Strecken uppåt i bild för bakbenen innebär att det finns en skillnad i hur mycket hästen skjuter ifrån mellan de båda bakbenen och streck nedåt i bilden skillnad i hur långt ner hästen sjunker under respektive bakkbens belastningsfas. Värdena till vänster i bild är max- och mindiff för huvudet, manken respektive bakbenen.

Urval av hästar till studien

Från alla rörelsemätningar utförda under perioden 23-05-16 till 30-09-18 exporterades information om hästens journalnummer, mätdatum och om bøjprov eller diagnostisk anestesi gjorts. Informationen om hästen och eventuell bedövning skrevs in i rörelseanalysprogrammet av behandlande veterinär eller djursjukskötare/djurvårdare vid hästens besök- och mättillfälle. Totalt fanns 522 hästar med ett unikt journalnummer i rörelsesystemets databas. Rörelsemätningar från dessa valdes sedan ut enligt följande kriterier med statistikprogramvaran R studio:

- Hästarna skulle vara unilateralt bakkenshålt vid besökstillfället.
- Hästarna skulle vid sitt besök ha fått en diagnostisk anestesi som släckt eller till stor del minskat bakkenshåltan (minst 50 % förbättring av den vertikala asymmetrin).

Med dessa inklusionskriterier genererades 33 hästar med en potentiell unilateral bakkenshålt som bedövats framgångsrikt vid besökstillfället. För att öka antalet hästar tillfrågades även de veterinärer som utfört flest rörelsemätningar under oktober och november 2018 om de haft hästar som stämt in på ovanstående beskrivning. Detta resulterar i att ytterligare tre hästar kunde adderas till listan, totalt 36 hästar.

Journaldata

Information kring hästen hämtades från dess medicinska journal med hjälp av hästens journalnummer som även finns angivet i *Qualisys* databas. Variabler som inkluderades i analysen delades in i hästinformation och anamnestisk information samt klinisk information.

I hästinformation inkluderades hästens kön, ålder, ras och användningsområde. Användningsområde delades in i dressyr (D), hoppning (H), fälttävlan (F), allround (A), trav (T) eller promenadridning (P).

Anamnestisk information delades in i variablerna besöksorsak, duration av problemet samt om hästen tidigare haft liknande problem på samma ben.

Klinisk information omfattade vilket ben hästen var halt på, grad av hälta, palpatoriska fynd på det halta benet, eventuella böjprovsreaktioner, vilken diagnostisk anestesi som använts, eventuell diagnos samt om bilddiagnostik använts om det bedövade området i så fall uppvisade radiologiska förändringar.

Av de 36 hästarna som genererats exkluderades flertalet efter genomgång av dess journaler på grund av olika orsaker så som:

- Utredande veterinär upplever inte att hälta blivit bättre efter bedövning även om värdena i Qualisys minskat (3 hästar).
- På grund av att den positiva bedövningen inte lagts i ett bakben och hästens primära problem inte misstänks vara ortopediskt (1 häst).
- Då hästens initialhälta var väldigt liten (4 hästar).
- På grund av att hästarnas temperament inte tillät fullständig hältutredning (2 hästar).
- Hästarna blir halta på det andra bakbenet när det första framgångsrikt bedövats (5 hästar).
- På grund av att diagnostisk anestesi först lagts i ett framben (1 häst) eller då hästen uppvisar samtidig frambenshälta (1 häst).
- På grund av att otillräcklig med information i hästens medicinska journal eller Qualisys mätningar (2 hästar).

Totalt kvarstod rörelsedata från 17 hästar som exporterades som en en csv-fil innehållandes positionsdata för samtliga 10 reflexmarkörer.

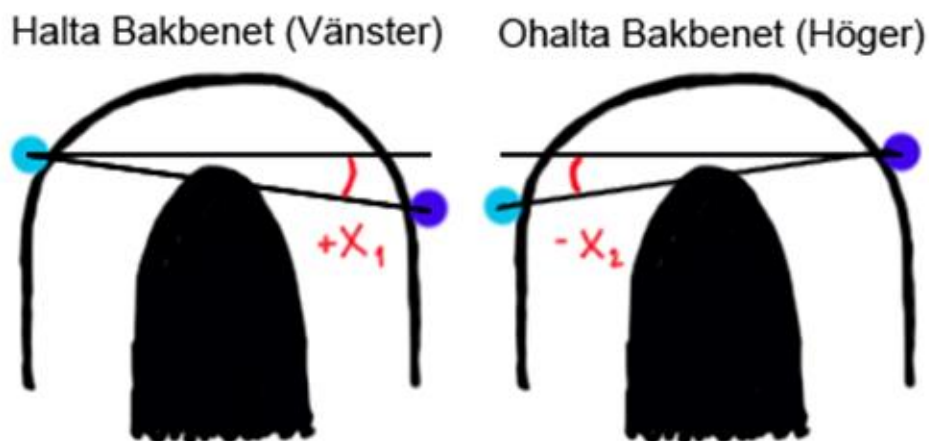
Rörelsevariabler

För att få fram variabler som beskrev den axiella rotationen av bäckenet samt vertikala asymmetrier av huvud, manke och bäcken importerades csv-filen med positionsdata till matrisberäkningsprogrammet MatLab.

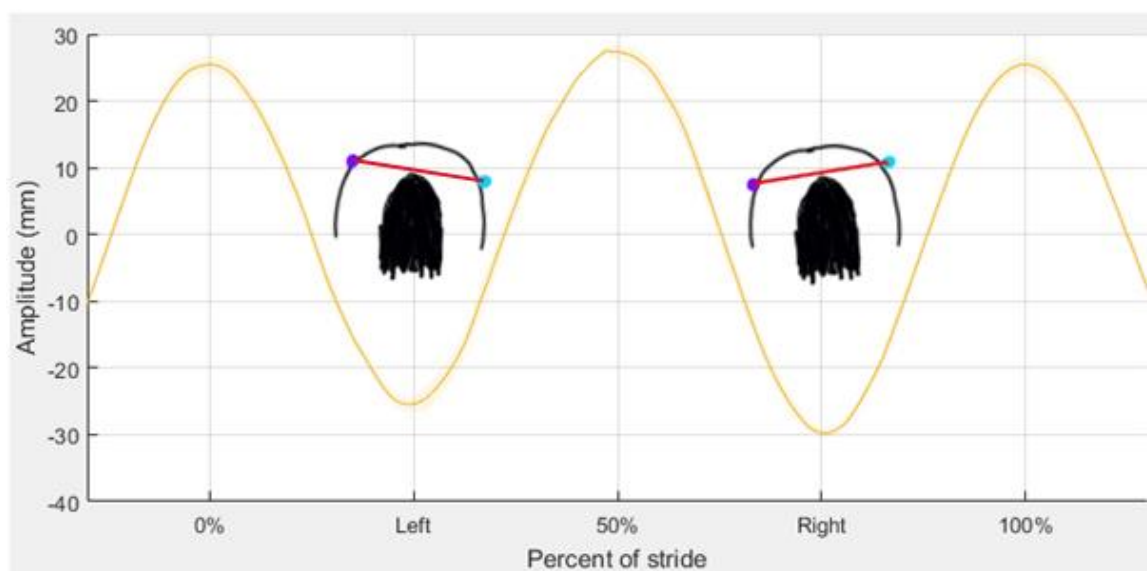
Den axiella rotationen beräknades som vinkeln mellan en linje genom tubera coxae markörer och horisontalplanet (se figur 10). Denna vinkel beräknades över tid för 200 tidpunkter under hästens stegcykel. Det totala rotationsomfånget (max rotationen minus min rotationen) för varje steg och ett medelvärde per mätning beräknades. Bäckens sidolutning vid den tidpunkt då hästen vertikalt sjunkit ned maximalt på höger respektive vänster bakben hämtades från rotationskurvan i varje steg. Medelvärden för lutningen vid mittbelastning av det halta och ohalta benet beräknades liksom medelvärdet för differensen i lutning mellan de två benen per steg.

För att alla hästar skulle kunna jämföras med varandra multiplicerades värdena på de hästar som var halta på höger bakben med -1. Det betyder att de i princip blev spegelvända så att

samtliga hästar erhöill en vänster bakbenschälta. Bäckens lutning jämfördes före och efter diagnostisk anestesi dels för det friska och halta benet, men även differensen mellan det halta och ohalta bakbenet. Värdena jämfördes statistiskt med ett tvåsidigt parat T-test. I figur 10 illustreras hur vinkeln på bäckens lutning beräknas, vinkeln som beräknas när det halta bakbenet (vänster) är under belastning förblir positiva värden medan vinkeln som beräknas för det friska bakbenet (höger) ges negativa värden för att kunna skilja dem åt. Bilden i figur 11 illustrerar var i stegcykeln bäckens lutning beräknas, det vill säga i samma ögonblick som bäckenet når sin lägsta vertikala position, under respektive bakkens belastningsfas.



Figur 10. Schematisk bild över hur vinkeln på bäckenet under respektive bakkens belastningsfas har beräknats. Hästar med bakkenschälta på höger bak har spegelvänts för att samtliga hästar ska bli halta på samma ben och på så sätt jämföras, därför kommer det vänstra bakbenet alltid att vara det "halta" bakbenet.



Figur 11. Schematisk bild över var i stegcykeln som bäckenlutning beräknas. Den gula sinusliknande kurvan är bäckens vertikala position, "left" är då vänster bakben är i marken under mittbelastning, "right" när höger bakben är i marken under mittbelastning. Värdet för bäckens sidolutning är extraherat just där den vertikala bäckenrörelsen har sina två minpositioner per stegcykel.

Ur Qualisys fås även max- och mindiff, denna kan även räknas ut med hjälp av bäckenets tubera sacrae-markör och man kan då även se om hältan minskat med avseende på bäckenets vertikala rörelse.

RESULTAT

Totalt inkluderades 17 hästar i studien, dessa presenteras i tabell 1.

Tabell 1. Information kring hästarna som ingick i studien. HB står för höger bakben, VB för vänster bakben. Majoriteten av de inkluderade hästarna är lågradigt halta

	Kön:	Ålder (år):	Ras:	Användning:	Affekterat ben:	Initialhåla:
Häst 1:	Val	16	Welsh Cob	Hoppning	VB	0.5 grad VB
Häst 2:	Val	6	Holsteiner	Allround	VB	1.5 grad VB
Häst 3:	Val	12	Sv.Halvblod		VB	1 grad VB
Häst 4:	Sto	16	Sv.halvblod	Dressyr	HB	1 grad HB
Häst 5:	Val	17	Sv.halvblod	Hoppning	HB	0.5 grad HB
Häst 6:	Val	6	Sv.halvblod	Dressyr	VB	Markering VB
Häst 7:	Sto	10	Sv.halvblod	Dressyr	HB	0.5 grad HB
Häst 8:	Sto	13	Sv.Halvblod	Allround	VB	Markering VB
Häst 9:	Val	12	Sv.Halvblod	Dressyr	HB	1 grad HB
Häst 10:	Val	14	Sv.Ridponny	Allround	VB	0.5 grad VB
Häst 11:	Sto	6	Sv.Halvblod	Allround	VB	
Häst 12:	Val	14	Sv.halvblod	Hoppning	HB	1.5 grad HB
Häst 13:	Sto	15	Lusitano	WE	HB	0.5 grad HB
Häst 14:	Val	16	Eng.Fullblod	Allround	HB	2 grader HB
Häst 15:	Sto	6	Connemara	Hoppning	VB	1.5 grad VB
Häst 16:	Sto	13	Halvblod	Allround	VB	1 grad VB
Häst 17:	Sto	13	Korsning	Allround	HB	1.5 grad HB

Tabell 2. Visar medel-, medianvärde samt standardavvikelse på skillnaden i hästens huvudposition (min- och maxdiff) hos samtliga hästar före (preblock) samt efter (postblock) diagnostisk anestesi. Värdena avser hästens vertikala huvudrörelse

		Medel: Mindiff Huvud	Median: Mindiff Huvud	Standard- avvikelse: Mindiff Huvud	Medel: Maxdiff Huvud	Median: Maxdiff Huvud	Standardav- vikelse: Maxdiff Huvud
Häst 1:	Preblock	-2,05	-,017	15,43	4,43	5,65	18,53
	Postblock	-3,45	-6,77	19,63	-1,31	-3,9	21,57
Häst 2:	Preblock	-11,94	-8,69	18,35	-3,82	-2,61	16,54
	Postblock	-0,38	-1,57	12,28	11,87	13,9	15,39
Häst 3:	Preblock	-7,1	-7,28	8,55	-2,99	-2,54	7,5
	Postblock	1,39	1,14	12,35	-16,16	-14,73	8,82
Häst 4:	Preblock	3,68	-0,07	14,83	7,18	6,68	14,2
	Postblock	-16,36	-16,52	17,86	-4,76	-4,44	14,17
Häst 5:	Preblock	0,79	3,95	21,5	-3,19	11,31	27,93
	Postblock	5,48	0,32	21,67	-10,22	-11,96	25,42
Häst 6:	Preblock	-30,26	-30,97	22,45	3,33	4,79	17,54
	Postblock	-16,79	-17,03	23,04	-0,33	2,17	17,08
Häst 7:	Preblock	32,02	19,35	44,29	-9,1	-5,45	16,32
	Postblock	0,96	8,91	26,14	5,29	2,87	17,81
Häst 8:	Preblock	-32,01	-28,7	21,07	-4,19	-4,18	19,35
	Postblock	-28,04	-29,09	21,8	16,43	23,65	16,91
Häst 9:	Preblock	-15,13	-17,67	18,22	-9,34	-6,7	12,52
	Postblock	-18,88	-22,17	20,92	0,14	1,12	12,4
Häst 10:	Preblock	7	6,07	10,04	-2,76	-4,5	11,11
	Postblock	13,6	13,82	6,53	1,57	1,97	4,88
Häst 11:	Preblock	15,81	18,22	33,54	1,76	15,34	37,87
	Postblock	24,77	35,94	46,19	5,66	-6	27,65
Häst 12:	Preblock	13,01	9,92	22,15	13,63	9,64	17,08
	Postblock	4,61	4,96	15,22	22,02	19,4	16
Häst 13:	Preblock	3,26	1,74	26,28	14,85	14,31	31,61
	Postblock	-7,42	-5,25	16,21	-5,18	-8,06	18,15
Häst 14:	Preblock	13,84	12,73	8,87	-3,43	-8,34	13,7
	Postblock	1,03	-0,64	12,22	1,34	-4,96	20,57
Häst 15:	Preblock	-2,79	-0,59	16,81	3,8	0,58	12,8
	Postblock	26,21	26,97	13,94	9,92	7,34	11,5
Häst 16:	Preblock	-13,21	-17,02	31,36	-20,73	-23,32	30,12
	Postblock	5,21	7,02	24,56	-15,06	-14,1	16,32
Häst 17:	Preblock	7,15	5,46	17,02	5,72	8,68	16,9
	Postblock	3,95	2,91	13,79	6,04	5,99	9,66

Tabell 3. Visar medel-, medianvärde samt standardavvikelse på skillnaden i hästens bäckenposition (min- och maxdiff) hos samtliga hästar före (preblock) samt efter (postblock) diagnostisk anestesi med avseende på bäckenets vertikala rörelse

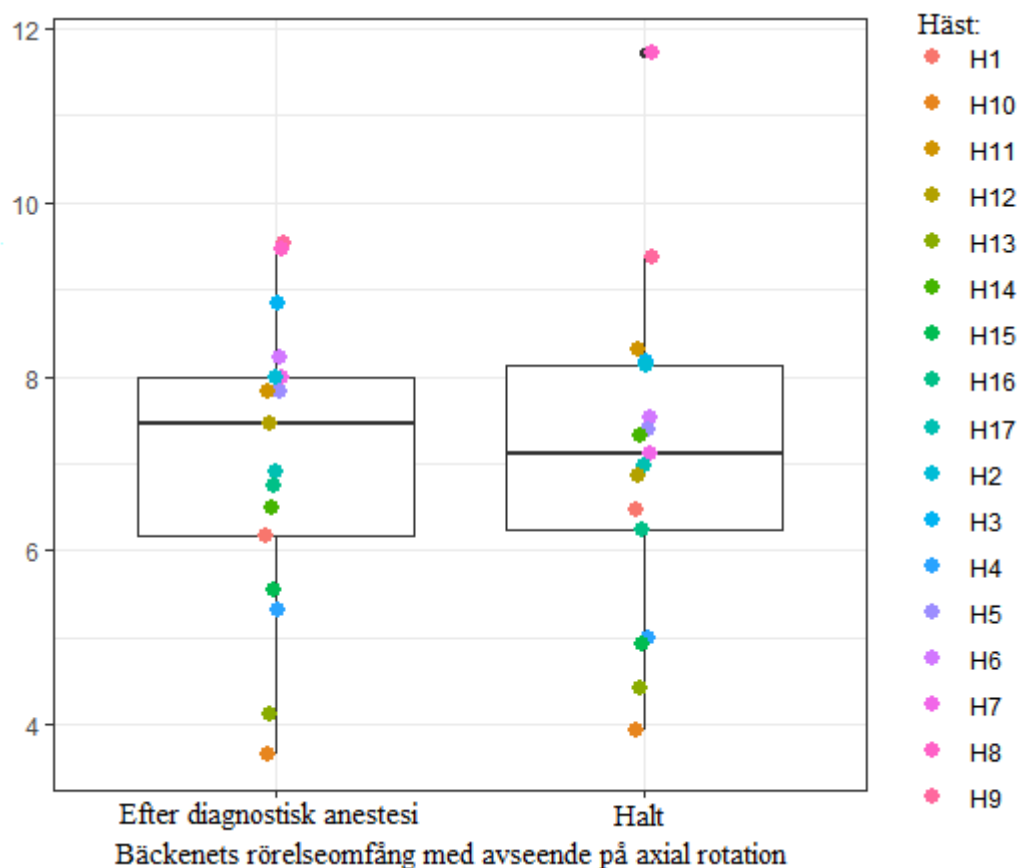
		Medel: Mindiff Bäcken	Median: Mindiff Bäcken	Standard- avvikelse: Mindiff Bäcken	Medel: Maxdiff Bäcken	Median: Maxdiff Bäcken	Standard- avvikelse: Maxdiff Bäcken
Häst 1:	Preblock	-9	-8,12	5,38	-5,63	-6,27	5,4
	Postblock	1,33	0,12	6,1	2,44	4,42	8,33
Häst 2:	Preblock	-14,33	-14,18	5,22	-17,34	-16,61	6,61
	Postblock	-9,99	-10,65	4,9	-9,28	-10,12	8,02
Häst 3:	Preblock	-15,68	-15,42	3,82	-8,42	-8,49	4,6
	Postblock	-1,32	-0,74	4,5	-4,15	-3,94	4,57
Häst 4:	Preblock	17,9	17,99	5,31	2,96	2,54	7,71
	Postblock	8,23	8,86	6,15	-2	-1,67	5,04
Häst 5:	Preblock	2,52	2,63	3,85	23,43	24,99	7,39
	Postblock	1,25	0,61	4,26	9,14	10,94	6,79
Häst 6:	Preblock	-7,39	-5,85	8,98	-5,68	-4,66	6,56
	Postblock	-7,52	-6,94	6,78	0	0,37	6,53
Häst 7:	Preblock	5,74	3,01	9,64	25,83	25,21	3,84
	Postblock	-7,97	-8,18	5,49	8,23	8,16	7,11
Häst 8:	Preblock	-7,53	-6,41	5,96	-15,62	-13,97	9,2
	Postblock	-5,99	-7,34	6,95	2,72	1,49	8,37
Häst 9:	Preblock	4,55	4,11	3,5	11,1	10,77	6,04
	Postblock	6,53	6,33	3,26	2,63	1,83	5,53
Häst 10:	Preblock	-7,69	-7,96	2,66	0,02	0,26	3,11
	Postblock	-3,44	-0,377	2,49	0,74	0,92	2,83
Häst 11:	Preblock	8,54	5,49	9,79	-22,88	-18	16,3
	Postblock	7,74	8,36	6,57	-7,99	-7,53	9,66
Häst 12:	Preblock	-1,96	-1,3	5,61	15,91	15	6,87
	Postblock	-7,2	-8,77	5,52	1,7	-0,48	8,29
Häst 13:	Preblock	3,62	3,07	7,61	8,92	7,65	8,66
	Postblock	1,64	1,03	5,27	2,39	2,76	6,33
Häst 14:	Preblock	6,7	5,36	6,23	21,97	19,3	6,65
	Postblock	-1,7	-1,76	2,95	7,89	6,91	7,53
Häst 15:	Preblock	-13,02	-13,51	4,86	-12,8	-13,28	5,19
	Postblock	-7,05	-7,99	5,44	-2,19	-1,95	3,9
Häst 16:	Preblock	-21,7	-23,11	5,07	-12,76	-11,99	4,83
	Postblock	0,83	-1,52	3,91	0,71	0,63	3,44
Häst 17:	Preblock	8,58	8,91	3,68	19,81	18,96	6,72
	Postblock	1,67	1,36	4,86	-0,53	-0,67	4,62

I tabellerna ovan (tabell 2 och 3) ses skillnad i positions för huvudet respektive bäckenet med avseende på vertikal rörelse. I tabellen och diagrammet nedan (tabell 4 och figur 12) ses skillnaden i bäckenets rörelseomfång med avseende på axial rotation före och efter bedövning av hältan. När medelvärde för detta jämfördes statistiskt med ett tvåsidigt parat T-test fanns ingen statistisk signifikant skillnad före och efter diagnostisk anestesi (P-värde 0.937 medelvärde för skillnaden före och efter diagnostisk anestesi var -0.01478 grader).

Tabell 4. Deskriptiv data över bäckenets rörelseomfång med avseende på rotationsrörelse före (pre-block) och efter (postblock) diagnostisk anestesi. Visar även värde på sarcums (korsbenets) totala rörelseomfång i vertikal riktning före och efter diagnostisk anestesi (mätt med markören mellan tubera sacralae)

		Medel: ROM Bäcken (grader)	Median: ROM Bäcken (grader)	Standardavvi- kelse: ROM Bäcken (grader)	Medel: ROM Sacrum (mm)	Median: ROM Sacrum (mm)	Standardavvi- kelse: ROM Sacrum (mm)
Häst 1:	Preblock	6,48	6,51	1,01	65,13	65,42	5,35
	Postblock	6,16	6,17	1,24	64,41	63,93	3,76
Häst 2:	Preblock	8,13	7,87	0,73	74,38	73,53	4,78
	Postblock	8	7,96	1,44	74,1	74,21	4,1
Häst 3:	Preblock	8,18	8,08	0,85	79,82	78,77	3,35
	Postblock	8,83	8,73	1,16	86,3	85,07	6,02
Häst 4:	Preblock	5,01	4,77	1,05	93,18	93,39	3,52
	Postblock	5,32	5,21	1,42	86,8	85,96	4
Häst 5:	Preblock	7,38	7,36	1,3,	79,49	79,82	5,61
	Postblock	7,83	7,92	1,26	73,96	71,35	7,77
Häst 6:	Preblock	7,53	7,49	1,49	79,22	77,48	8,34
	Postblock	8,23	8,07	1,37	88,76	87,56	5,9
Häst 7:	Preblock	7,76	7,39	1,36	106,35	105,04	5,63
	Postblock	8	8,07	0,61	102,74	101,44	9,5
Häst 8:	Preblock	11,72	11,53	0,88	78,96	78,64	6,12
	Postblock	9,47	9,15	1,67	77,81	80,33	7,4
Häst 9:	Preblock	9,37	9,27	0,92	89,09	89,75	4,09
	Postblock	9,53	9,45	1,09	95,55	95,36	4,24
Häst 10:	Preblock	3,93	3,87	0,71	44,55	43,88	3,08
	Postblock	3,65	3,5	0,7	45,38	45,48	2,1
Häst 11:	Preblock	8,32	8,04	1,8	78,94	73,96	18,5
	Postblock	7,83	7,98	1,11	75,08	74,32	5,87
Häst 12:	Preblock	6,86	6,84	1,22	85,83	85,65	6,54
	Postblock	7,46	7,01	1,59	84,7	82,72	5,26
Häst 13:	Preblock	4,42	4,4	0,92	66,64	65,36	6,86
	Postblock	4,13	3,75	1,09	64,82	64,3	4,18
Häst 14:	Preblock	7,32	7,24	1,5	74,25	73,95	6,95
	Postblock	6,48	6,48	0,81	77,13	76,05	7,45
Häst 15:	Preblock	4,92	4,9	0,86	69	69,14	4,13

	Postblock	5,55	5,37	0,73	68,81	67,86	4,02
Häst 16:	Preblock	6,25	5,96	1,16	74,07	74,64	4,06
	Postblock	6,75	6,92	0,58	61,94	61,99	2,63
Häst 17:	Preblock	6,98	6,63	1,4	71,25	70,83	6,51
	Postblock	6,91	7,12	1,16	60,75	60,58	4,46

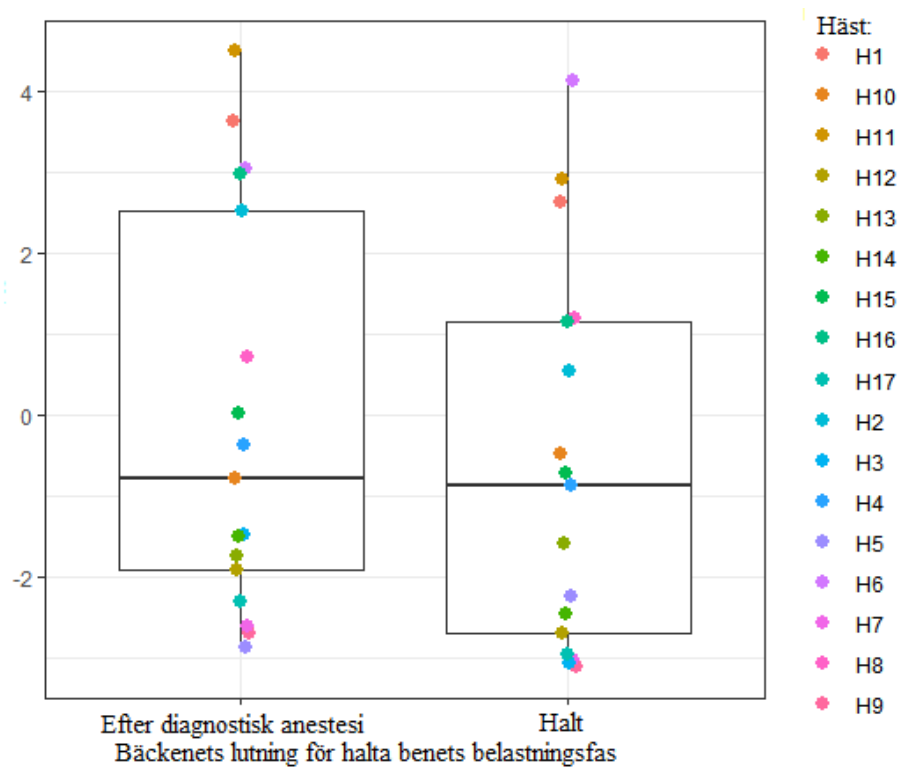


Figur 12. Diagrammet ovan visar bäckenets rörelseomfång med avseende på axial rotation före och efter diagnostisk anestesi. På Y-axeln ses värdet på bäckenets rotation i grader. I studien sågs ingen statistisk signifikant skillnad på bäckenets totala rotation före jämfört med efter bedövning av det halta bakbenet.

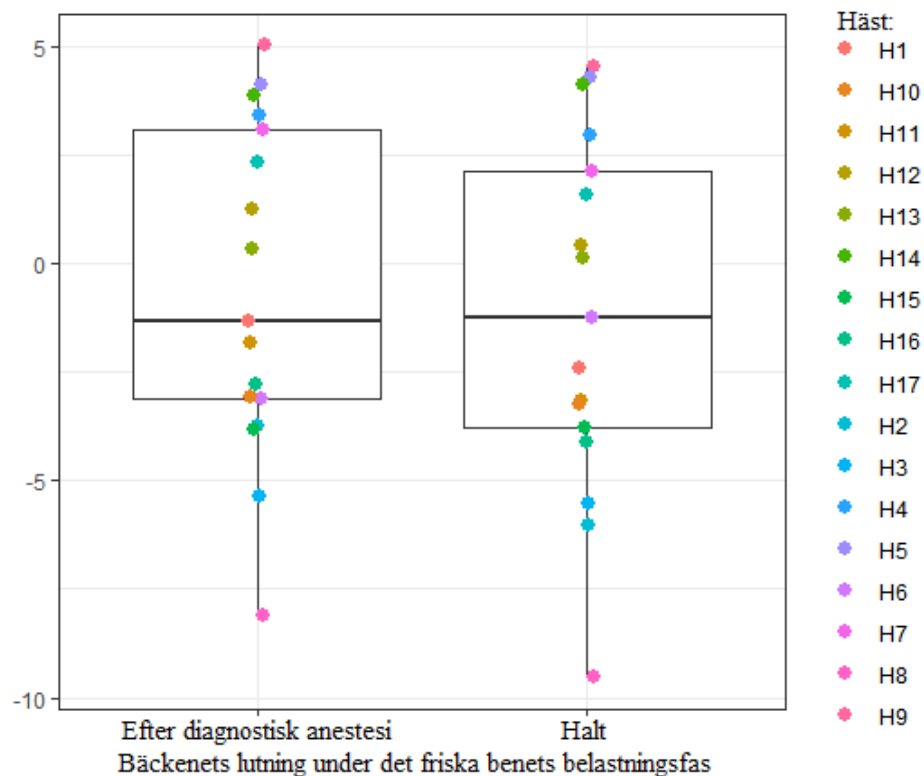
Däremot vid jämförelse av bäckenets lutning fanns signifikant statistisk skillnad både när bäckenets lutning under det friska benets belastningsfas jämförs före och efter diagnostisk anestesi (P-värde 0.02775, medelvärde på skillnaden före och efter -0,5385), när bäckenets lutning under det halta benets belastningsfas jämförs (P-värde 0.01727, medelvärde -0,5753) samt när differensen mellan det halta och friska benet jämförs före och efter diagnostiskt anestesi (P-värde 0.0126, medelvärde -1,1138). Värdena på bäckenets och diagram över bäckenets lutning kan ses nedan (tabell 5, figur 13, 14 och 15). Bäckenets lutning under respektive bakbens (halt och friskt) förändras när hästen blir halt. Värdena före och efter diagnostisk anestesi jämfördes med ett tvåsidigt parat T-test. Statistisk signifikans när P-värdet är under 0.05.

Tabell 5. Visar medelvärde över bäckenets lutning under det halta benets belastningsfas före (pre-block) och efter (postblock) diagnostisk anestesi. Differens 1 är skillnaden i bäckenets lutning mellan det halta och friska benet före (preblock) diagnostisk anestesi samt så är differens 2 motsvarande skillnad efter (postblock) diagnostisk anestesi

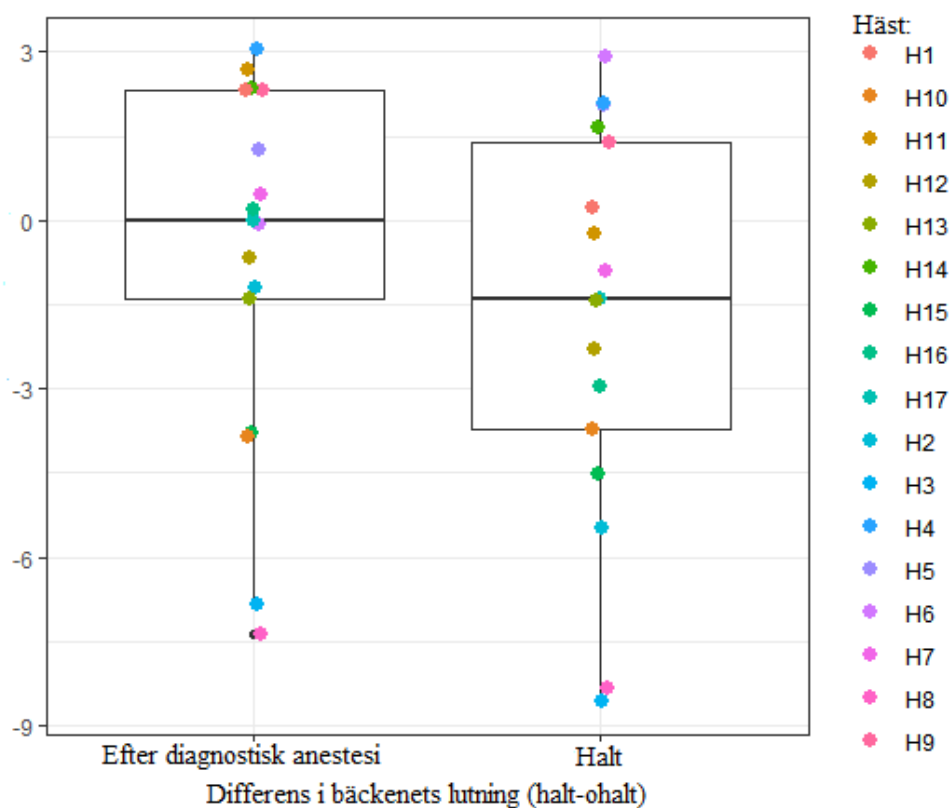
Bäcken-lutning:	Medel: Halt ben (Pre-block) (grader)	Medel: Frisk ben (Pre-block) (grader)	Differens 1: Halt-Friskt (Preblock)	Medel: Halt ben (Postblock) (grader)	Medel: Frisk ben (Postblock) (grader)	Differens 2: Halt-Friskt (Postblock)
Häst 1:	2,6341	-2,4023	0,2318	3,6416	-1,3394	2,3022
Häst 2:	0,5426	-6,0379	-5,4953	2,5191	-3,7373	-1,2182
Häst 3:	-3,0711	-5,5136	-8,5846	-1,4747	-5,3661	-6,8408
Häst 4:	-0,8599	2,955	2,095	-0,3611	3,3954	3,0343
Häst 5:	-2,2323	4,2913	2,059	-2,8772	4,1263	1,2491
Häst 6:	4,1539	-1,2359	2,908	3,0483	-3,1123	-0,064
Häst 7:	-3,0177	2,1058	-0,9119	-2,6025	3,0713	0,4689
Häst 8:	1,198	-9,5364	-8,3384	0,729	-8,1006	-7,3716
Häst 9:	3,1219	4,5173	1,3954	-2,7046	5,0097	2,305
Häst 10:	-0,4681	-3,2493	-3,7174	-0,7832	-3,0593	-3,8425
Häst 11:	2,9248	-3,1791	-0,2543	4,5043	-1,8266	2,6778
Häst 12:	-2,6939	0,4019	-2,292	-1,9098	1,2327	-0,677
Häst 13:	-1,5813	0,1353	-1,446	-1,7319	0,3179	-1,4139
Häst 14:	-2,4541	4,0987	1,6446	-1,5029	3,8428	2,3399
Häst 15:	-0,7187	-3,7884	-4,507	0,014	-3,8111	-3,7971
Häst 16:	1,1494	-4,1072	-2,9577	2,9904	-2,7847	0,2056
Häst 17:	-2,962	1,5581	-1,4038	-2,3065	2,3091	0,0026
Medel:	-0,6228	-1,1169	-1,7397	-0,0475	-0,5784	-0,6259



Figur 13. Diagrammet ovan visar skillnaden mellan medelvärdet för bäckenets lutning när det halta bakbenet är i sin belastningsfas. Till höger i bilden ses lutningen på hästens bäcken när hästen är halt och till vänster ses lutningen på bäckenet under samma bens belastningsfas fast efter att hältan är bedövad med diagnostisk anestesi. På Y-axeln ses värdet på bäckenets lutning i grader.

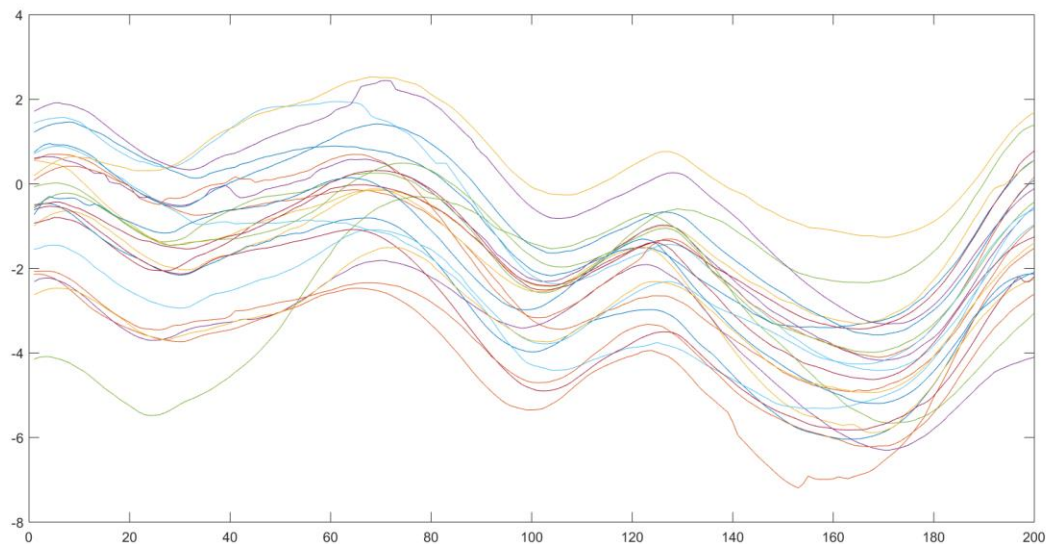


Figur 14. Diagrammet ovan visar skillnaden i bäckenets lutning under det friska benets belastningsfas före och efter diagnostisk anestesi. "Halt" i diagrammet motsvarar det friska bakbenet men innan bedövning när hästen fortfarande är halt. På Y-axeln ses värdet på bäckenets lutning i grader.

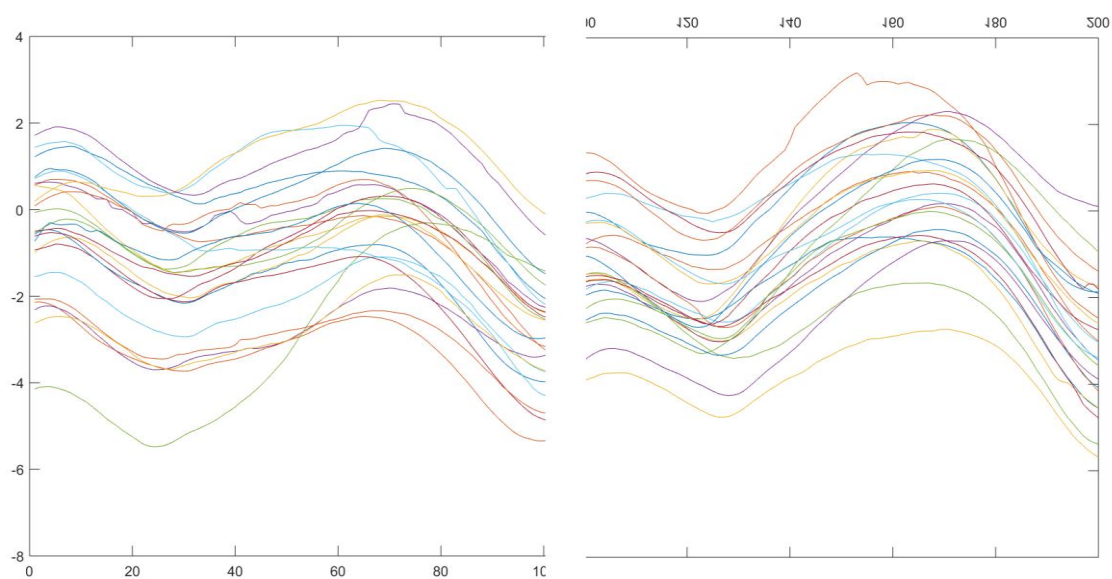


Figur 15. Diagrammet ovan visar skillnaden i bäckenets lutning mellan de båda bakbenen (halta subtraherat med det ohalta bakbenet) före samt efter diagnostisk anestesi. Värdet på skillnaden i grader av bäckenets lutning kan ses på Y-axeln.

Bäckenets rotationsmönster inspekterades visuellt genom att rotationen åskådliggjordes i en graf, samtliga steg från hästens mätning i Qualisys adderades ovan på varandra. Det generella intrycket var att mönstret för bäckenets axiala rotation var liknande före och efter diagnostisk anestesi hos samma häst, däremot skiljde sig mönstret tydligt åt mellan hästar. Den första halvan av grafen i figur 16a, visar bäcken rotationen när vänster ben belastas och avlastas och andra halvan visar rotationen under belastning och avlastning av höger bakben. För att lättare kunna jämföra respektive steghalva (vänster och höger steg) med varandra behöver den andra delen av grafen spegelvändas uppåt vilket åskådliggörs i figur 16b.

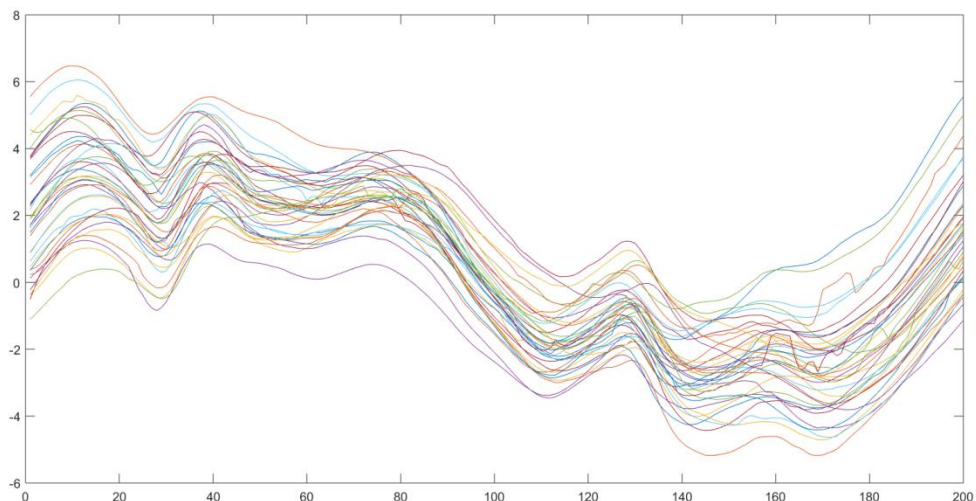


Figur 16a. Grafen ovan visar rotationskurvan för häst nummer 15 innan bedövning. Varje streck visar rotationen i grader över ett steg. Stegen är normaliserade till 200 punkter. I figuren nedan (figur 16b) har den andra halvan av kurvan, (det vill säga rotationen när höger bakben är i belastning och avlastning) spegelvänts uppåt för att rotationen bättre ska kunna jämföras mellan de båda stegcykelhalvorna.



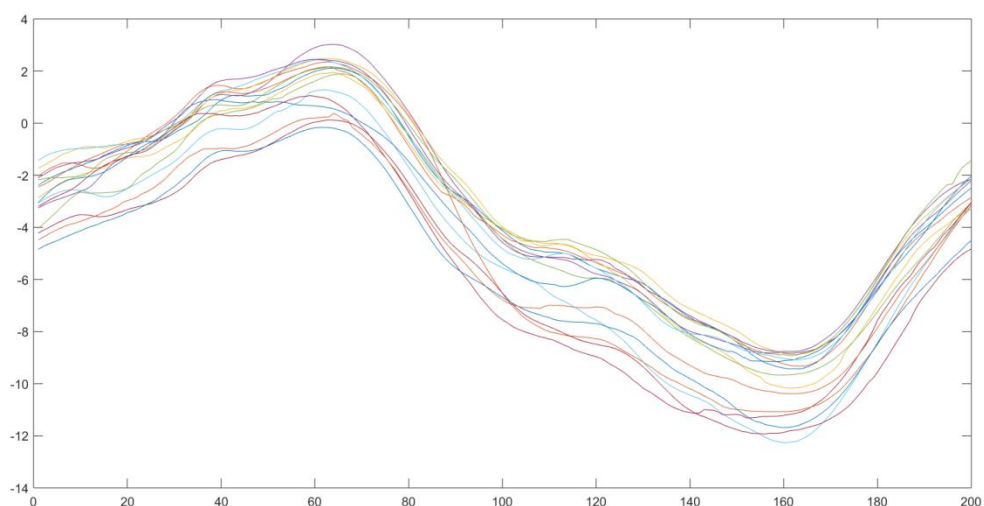
Figur 16b. Samma graf som i figur 16a, men andra halvan har spegelvänts uppåt för att lättare kunna jämföra rotationsmönstret mellan de båda stegcykelhalvorna.

Grafen i figur 17 visar rotationsmönstret för häst nummer 1 innan diagnostisk anestesi. För de allra flesta hästarna roterade bäckenet kring noll eller hade sin medelrotation väldigt nära noll, vilket även häst 1 hade. Ett fåtal hästar hade nästan hela sin rotationskurva under noll, detta innebär att bäckenet i förhållande till horisontalplanet lutade konstant åt ett håll, detta ändrades inte på ett uppenbart sätt efter positiv diagnostisk analgesi.



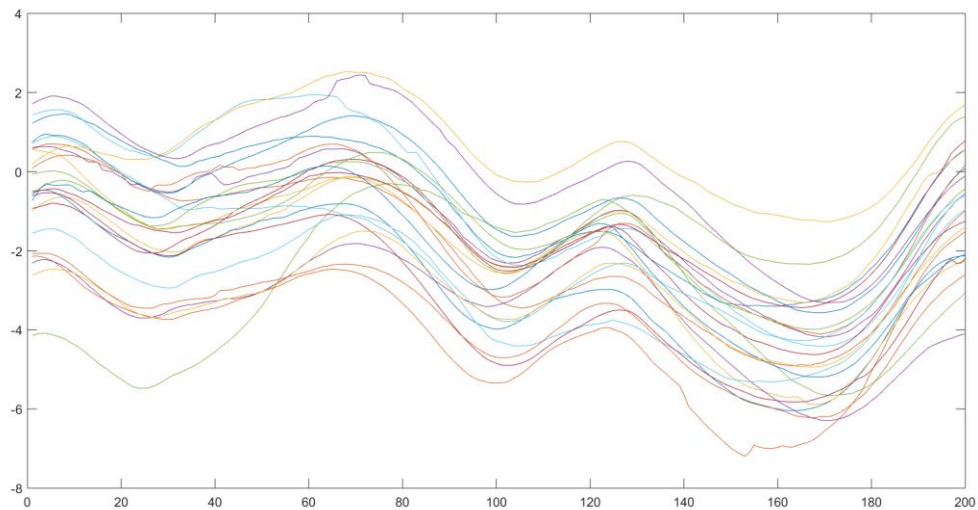
Figur 17. Kurva över en häst i studiens rotation av bäckenet under en stegcykel, flera steg från mätningen är inlagda ovanpå varandra. Första halvan av grafen är bäckenets rotation när vänster ben belastas och avlastas. Vänster bakben når maximal belastning i närheten av 50 på x-axeln, motsvarande kommer höger bakben att vara under maximal belastning vid x-axelns 150. Det är under dessa tillfällen bakbenen tar maximal belastning och då bäckenet når sin lägsta vertikala position under stegcykeln.

I studiepopulationen var de allra vanligaste att kurvorna över hästens bäckenrotation hade mellan en till tre svängningar under ett halvsteg, det vill säga en till tre svängningar under både vänster bakbenssteg och en till tre svängningar under höger bakbenssteg. I figur 18 ses rotationen från an av hästarna i studien med en svängning per halvsteg. I figur 17 ses en häst med tre svängningar per halvsteg.

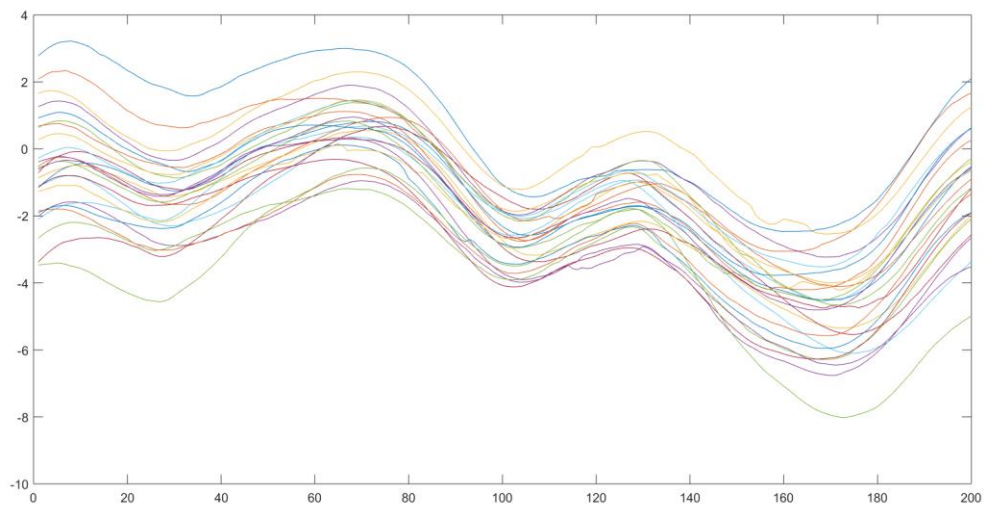


Figur 18. Rotationsmönster för häst nummer 8 innan bedövning. Denna häst uppvisar en svängning per halvsteg.

Även om rotationskurvorna skiljer sig mellan hästarna verkar hästen behålla sitt generella rotationsmönster oavsett om hästen är halt eller ohalt. Detta bidrar även till att rotationen ser olika ut hos olika hästar i förhållande till hästens stegcykel och respektive bakkens belastningsfas. I figur 19 och 20 ses rotationsmönstret för samma häst före (figur 19) och efter (figur 20) diagnostisk anestesi.



Figur 19. Rotationskurva för häst 16 innan positiv diagnostisk anestesi.



Figur 20. Rotationskurva för häst 16, efter positiv diagnostisk analgesi. Ingen större skillnad i rotationsmönster kan ses när grafen från innan bedövning jämförs med den efter bedövning.

DISKUSSION

I denna studie inkluderades slutligen 17 hästar som inkommit till Universitetsdjursjukhuset för utredning av unilateral bakbenshätta. Hästarna mättes med det objektiva rörelsesystemet Qualisys och positionsdata från systemet användes för att undersöka om hästarnas totala bäckenrotation ändrades när de blev ohalter till följd av diagnostisk analgesi. I studien sågs ingen statistisk signifikant skillnad av bäckenets totala rotation före och efter positiv diagnostisk anestesi. Däremot sågs en signifikant skillnad av bäckenets lutning under bakbens belastningsfas både när det friska och halta bakbenet jämfördes före och efter positiv diagnostisk anestesi samt när differensen i lutning mellan det halta och friska benet jämfördes före och efter bedövning. Bäckenets totala rotationsomfång verkar alltså inte förändras signifikant när hästen blir halt, däremot kommer bäckenets lutning vid en viss tidpunkt i stegcykeln (mitt-belastning) att påverkas.

I Qualisysdatabasen vid Universitetsdjursjukhuset i Uppsala fanns ursprungligen 522 hästar, endast 17 av dessa var unilateralt halta på endast ett bakben och majoriteten av dessa var låggradigt halta. Inte alla hästar som inkommer till Universitetsdjursjukhuset mäts med Qualisys vilket kan ha påverkat studiepopulationen. Dels på grund av att en del veterinärer inte använder sig av Qualisys eller endast i liten utsträckning samt att det rent praktiskt skulle bli svårt att hinna med att mäta samtliga hästar då Qualisys endast finns monterat i en av hältgångarna. Normalt görs inga mätningar om hästen har en måttlig till kraftig hälla vilket gör att studien innehåller lindriga hältor. En stor del av de inkluderade hästarna är halvblod, vilket gör att resultatet skulle kunna se annorlunda ut om man skulle titta på exempelvis travhästar eller mindre ponnyer.

Resultatet kan även ha påverkats av hur markörerna placerats. Det kan vara svårt att få markörerna att sitta på exakt samma anatomiska plats hos samtliga hästar. Hos hästar med lång päls kan det vara svårt att få markörerna att sitta stilla vilket kan medföra ökad rörlighet som kan påverka mätningen. Mätningarna för en häst pågår under en längre tid, det är inte ovanligt att de behöver placeras om, lossnar eller att hästen kliar av sig dem i väntan på en bedövning vilket kan medföra att de inte placeras på exakt samma position till nästa mätning.

I studien har vi inte tagit hänsyn till eventuell anatomisk asymmetri hos hästarna vilket också skulle kunna påverka resultatet. Anatomisk asymmetri kan innebära ett asymmetrisk bäcken men även asymmetri hos tubera coxae exempelvis till följd av tidigare trauma eller en benlängdsskillnad.

Hos en helt symmetrisk häst hade man kunna förväntat sig att bäckenet roterar kring noll (kring horisontalplanet). De allra flesta hästarna i studien roterar kring noll, de finns dock ett fåtal som inte ligger kring noll. Detta innebär att när hästen travar roterar bäckenet över stegcykeln men den har alltid den ena sidans höft (tuber coxae) högre än den andra, oberoende av vilket ben som är i belastningsfas. Detta förändrades inte när hästens hälla bedövades bort. Vad som gör att dessa hästar har en konstant lutning på sitt bäcken undersöktes inte vidare men det hade varit intressant att titta närmre på detta för att se om det finns en gemensam faktor. Speciellt när denna enkelriktade lutningen inte förändrades när hästens hälla bedövades bort. En delförklaring kan vara anatomisk asymmetri eller asymmetriskt placerade markörer som nämnts ovan.

Rotationsmönstret skiljer sig även relativt mycket mellan hästar när det åskådliggörs grafiskt även om samma häst i stora drag behåller ”sitt” rotationsmönster även efter positiv diagnostisk anestesi. Med tanke på att den vertikala rörelsen av hästens bäcken förändras så mycket när hästen blir halt hade jag förväntat mig att även rotationsmönstret skulle förändras. På samma sätt hade jag förväntat mig att även den totala bäcken rotationen skulle förändras hos hästarna när deras hälta bedövades bort.

När man däremot tittar på bäckenets lutning fanns signifikant skillnad för det friska, halta och skillnaden mellan dessa före och efter bedövning. Alltså påverkas bäckenets lutning under respektive bakbens belastningsfas när hästar blir halta. Bäckenets rotation bör därför påverka hur hästen rör sig när den blir halt men det är inte undersökt hur stor påverkan rotationen kan ha för det som man ser visuellt hos halta hästar.

I litteraturen beskrivs ofta två sätt att utvärdera bakbenshälta hos häst, dels genom att titta på tubera sacrae och den vertikala rörelsen hos häst samt att titta på tubera coxae och dess rörelser. Det hade varit intressant att undersöka hur många veterinärer som utvärderar både bäckenets vertikala rörelse och rotationsrörelsen i form av bland annat tubera coxae rörelse och se om veterinärer på så sätt anser att hästen är halt på samma ben i större utsträckning. Bäckenrörelserna i vertikal riktning hos häst är relativt beskrivet i detalj medan det finns väldigt lite information om bäckenets axiella rotation. Att vi inte vet mer om hur bäckenet roterar kan vara en bidragande orsak till att samstämmigheten för vilket ben hästen är halt på är så låg mellan veterinärer, samtidigt som det finns fler komponenter som bidrar till att just bakbenshälta är så svåra att bedöma hos hästar.

Eftersom ortopediska skador är en av de vanligaste sjukdomar hos dagens hästar hade många hästar, hästägare, veterinärer och försäkringsbolag gynnats av förbättrad hältdiagnostik som i sin tur även hade bidragit till en mer korrekt och bättre behandling av hästens skador.

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Hälta och skador i hästens rörelseapparat är en av de vanligaste sjukdomarna hos häst. Traditionellt sett utvärderas hälta hos häst genom att veterinären subjektivt bedömer hästens rörelsemönster. I studier där flera veterinärer har bedömt hälta på samma häst vid samma tillfälle har det visat sig vara vanligt att veterinärer anser samma häst vara halt på olika ben.

Trav är den gångart som framför allt används när hästens rörelsemönster skall utvärderas. I trav rör sig hästens huvud, manke och bäcken upp och ner liknande en sinuskurva. Sinuskurvan är hos en frisk häst symmetriskt, men när hästen blir halt och försöker avlasta det onda benet sjunker hästen ner mer på det friska benet och skjuter ifrån sämre från det halta benet vilket leder till att sinuskurvan blir asymmetrisk.

En förutsättning för att hästens behandling skall vara effektiv och hästen ska bli frisk är att rätt ben behandlas varför ökad kunskap om hästens rörelsemönster och hur detta förändras när hästen blir halt är önskvärd. Samstämmigheten mellan veterinärer är som lägst för lågradig hälta och bakbenshälta. Att samstämmigheten gällande bakbenshälta är lägre kan förklaras av att hästens bäcken till skillnad från hästens huvud inte bara rör sig i vertikal riktning utan även uppvisar mer eller mindre rotation när hästen observeras bakifrån. Detta examensarbete syftade till att undersöka och jämföra hästens bäckenrotation och bäckenets lutning under respektive bakbens belastningsfas i trav hos hästar med enkelsidig bakbenshälta före och efter en diagnostisk bedövning.

Hästarna som inkluderades i studien, totalt 17 stycken valdes ut ur en databas vid Universitetsdjursjukhuset i Uppsala. Hästarna hade tidigare genomgått en hältutredning och även filmats och genomgått en rörelseanalys med höghastighetskamerasystemet Qualisys. Hästarna som inkluderades skulle vara halta på ett bakben och hältan skulle ha minskat signifikant efter att en diagnostisk bedövning lagts.

Qualisys är ett kamerasystem som objektivt mäter hur hästen rör sig, detta genom att sfäriska reflexmarkörer fästes på specifika anatomiska strukturer på huvudet, manken och hästens bäcken. Markörernas position kan sedan jämföras när höger respektive vänster fram- och bakben belastas och avlastas. En halt häst försöker avlasta benet den är halt på och därför kommer huvudet och bäckenets lägsta position att skilja sig åt mellan höger respektive vänster ben när hästen blir halt. Skulle hästen skjuta ifrån sämre från det halta benet kommer istället huvudet respektive bäckenets högsta position att skilja sig mellan höger och vänster ben. Med hjälp av Qualisys kunde positionsdata från tre olika anatomiska punkter på bäckenet användas för att beräkna bäckenets rotation (sedd bakifrån) samt bäckenets lutning under respektive bakbens belastningsfas, det vill säga då respektive bakben är i marken under belastning. I studien användes bäckenets högsta mittpunkt (tuber sacrale) samt respektive sidas höftknöl (tuber coxae) som är vanliga anatomiska riktmärke när hästens rörelsemönster utvärderas. Dessa mått jämfördes sedan för samma häst innan och efter att hästens bakbenshälta bedövats bort.

Resultatet i denna studie visade att det totala omfånget av bäckenrotation i trav inte förändrades nämnvärt när hästen blev ohalt efter en diagnostisk bedövning. Däremot förändrades bäckenets lutning under respektive bakbens belastningsfas när hästen blev ohalt. Detta finns inte tidigare

beskrivet i litteraturen, ökad kunskap om hur bäckenet roterar samt hur dess lutning förändras hos halta hästar kan i framtiden bidra till bättre diagnostik och att samstämmighet veterinärer emellan gällande bakbenshälta på häst förbättras.

TACK

Stort tack till min handledare Elin för all hjälp under arbetets gång, för den positiva inställningen, allt peppande och för alla lärorika dagar på polikliniken.

Tack för att jag har fått följa med på era projekt, se hur forskning går till i verkligheten och alla pedagogiska svar på mina konstiga frågor.

REFERENSER

- American Association of Equine Practitioners (2018). *LAMENESS EXAMS: Evaluation the Lame Horse*. Tillgänglig: <https://aaep.org/horsehealth/lameness-exams-evaluating-lame-horse> [2018-11-12].
- Bell, R. P., Reed, S. K., Schoonover, M. J., Whitfield, C. T., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P. F. & Keegan, K. G. (2016). Association of force plate and body-mounted inertial sensor measurements for identification of hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 77, ss. 337-345.
- Buchner, H. H. F., Savelberg, H. H. C. M., Schamhardt, H. C. & Barneveld, A. (1995). Temporal stride patterns in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 18, ss. 161-165.
- Buchner, H. H. F., Savelberg, H. H. C. M., Schamhardt, H. C. & Barneveld, A. (1996). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 28, ss. 71-76.
- Caron, J. P (2005). Intra-articular injections for joint disease in horses. *Veterinary Clinics Equine Practice*, vol. 21, ss. 559-573. DOI:10.1016/j.cveq.2005.07.003.
- Davidson, E. J. (2018). Lameness evaluation of the athletic horse. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, vol. 34, ss. 181-191. DOI: 10.1016/j.cveq.2018.04.013.
- Dyson, S. J. (2009). Science: Overview The clinician's eye view of hindlimb lameness in the horse: Technology and cognitive evaluation. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41, ss. 99-100. DOI: 10.2746/042516409X399963
- Dyson, S. & Greve, L. (2016). Subjective gait assessment of 57 sport horses in normal work: A comparison of the response to flexion tests, movement in hand, on the lunge, and ridden. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 38, ss.1-7. DOI: 10.1016/j.jevs.2015.12.012.
- Fuller, C. J., Bladon, B. M., Driver, A. J. & Barr, A. R. S. (2006). The intra- and inter-assessor reliability of measurement of functional outcome by lameness scoring in horses. *The Veterinary Journal*, vol. 171, ss. 281-286. DOI:10.1016/j.tvjl.2004.10.012.
- Keegan, K. G. (2005). Pelvic movement pattern in horses with hindlimb and forelimb lameness. *AAEP Proceedings*, vol. 51, ss. 121-127.
- Keegan, K. G. (2007). Evidence-based lameness detection and quantification. *Veterinary Clinics Equine Practice*, vol. 23, ss. 403-423. DOI: 10.1016/j.cveq.2007.04.008.
- Keegan, K. G., Dent, E. V., Wilson, D. A., Janicek, J., Kramer, J., Lacarrubba, A., Walsh, D. M., Cassells, M. W., Esther, T. M., Schiltz, P., Frees, K. E., Wilhite, C. L., Clark, J. M., Pollitt, C. C., Shaw, R. & Norris, T. (2010). Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Veterinary Journal*, vol. 42, ss. 92-97. DOI: 10.2746/042516409X479568.
- Kramer, J., Keegan, K. G., Kelmer, G & Wilson, D. A. (2004). Objective determination of pelvis movement during hind limb lameness by use of a signal decomposition method and pelvic height differences. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65, ss. 741-747.
- Hammarberg, M., Egenvall, A., Pfau, T. & Rhodin, M. (2016). Rater agreement of visual lameness assessment in horses during lungeing. *Equine Veterinary Journal*, vol. 48, ss. 78-82. DOI: 10.1111/evj.12385.
- McCracken, M. J., Kramer, J., Keegan, K. G., Lopes, M., Wilson, D. A., Reed, S. K., Lacarrubba, A. & Rasch, M. (2012). Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Veterinary Journal*, vol. 44, ss. 652-656. DOI: 10.1111/j.2042-3306.2012.00571.x.
- Penell, J. C., Egenvall, A., Bonnett, B. N., Olson, P. & Pringle, J. (2005). Specific causes of morbidity among Swedish horses insured for veterinary care between 1997 and 2000. *The Veterinary Record*, vol. 157, ss. 470-477. DOI: 10.1136/vr.157.16.470.

- Persson-Sjodin, E., Hernlund, E., Pfau, T., Haubro Andersen, P. & Rhodin, M. (2018) Influence of seating styles on head and pelvic vertical movement symmetry in horses ridden at trot. *PLoS ONE*, 13(4): e0195341. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195341>.
- Rhodin, M., Roepstorff, L., French, A., Keegan, K. G., Pfau, T. & Egenvall, A. (2016). Head and pelvic movement asymmetry during lungeing in horses with symmetrical movement on the straight. *Equine Veterinary Journal*, vol. 48, ss. 315-320. DOI: 10.1111/evj.12446.
- Rhodin, M., Persson-Sjodin, E., Egenvall, A., Serra Braganca, F. M., Pfau, T., Roepstorff, L., Weishaupt, M. H., Van Weeren, P. R. & Hernlund, E. (2018). Vertical movement symmetry of the withers in horses with induced forelimb and hindlimb lameness at trot. *Equine Veterinary Journal*, vol. 0, ss. 1-7. DOI: 10.1111/evj.12844.
- Roepstorff, L., Egenvall, A., Rhodin, M., Byström, A., Johnston, C., van Weeren, P. R. & Weishaupt, M. (2009). Kinetics and kinematics of the horse comparing left and right rising trot. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41, ss. 292-296. DOI: 10.2746/042516409X397127.
- Ross, M. W. & Dyson, S. J. (2003). *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. First edition. Missouri, Saunders. (ISBN: 0-7216-8342-8)
- Starke, S. D., Raistrick, K. J., May, S. A. & Pfau, T. (2013). The effect of trotting speed on the evaluation of subtle lameness in horses. *The Veterinary Journal*, vol. 197, ss. 245-252. DOI: 10.1016/j.tvjl.2013.03.006.
- Starke, S. D., May, S. A. & Pfau, T. (2015). Understanding hind limb lameness signs in horses using simple rigid body mechanics. *Journal of Biomechanics*, vol. 48, ss. 3323-3331. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2015.06.019.
- Stashak, T. S (2002). *Adams' Lameness In Horses*. Fifth edition. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. ISBN: 0-683-07981-6
- Uhler, C., Licka, T., Kübber, P., Peham, C., Sheidl, M. & Girtler, D. (1997). Compensatory movements of horses with a stance phase lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 23, ss. 102-105.